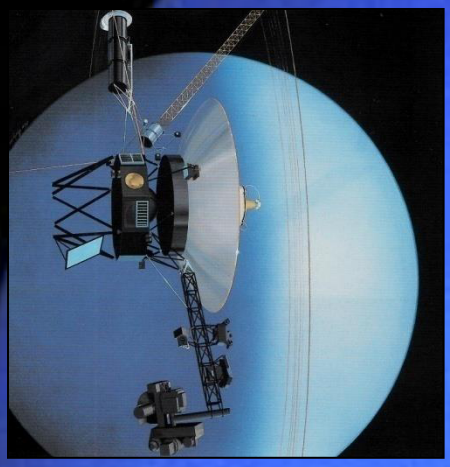
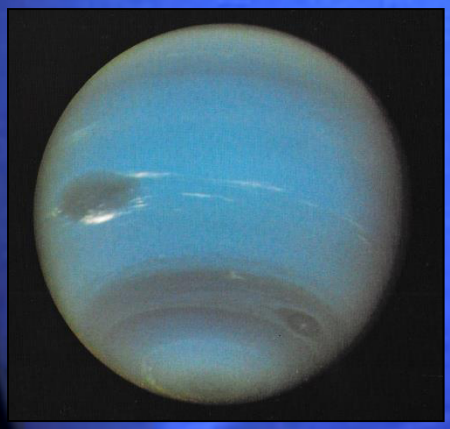
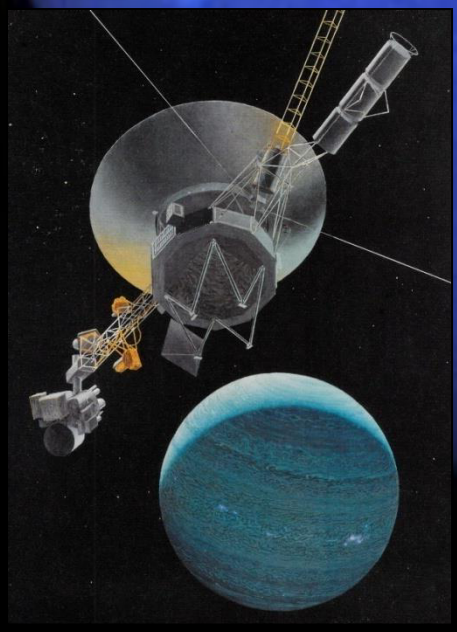
CAPSULA ESPACIAL
Revista digital de astronáutica y espacio
Nº 46 - 2019







Exploración de Urano y Neptuno

Características generales
Atmósferas planetarias
Anillos
Satélites naturales

Estimados lectores

Este número de Cápsula Espacial trata de los gigantes gaseosos un poco olvidados del Sistema Solar, hablamos de Urano y Neptuno, planetas del que ha llegado solo una nave espacial, la Voyager II, la cual tomó valiosos datos e imágenes sobre sus lunas y anillos, así como también su conformación atmosférica, también aquí veremos la historia de observaciones terrestres que se han llevado a cabo desde su descubrimiento hasta las imágenes obtenidas desde telescopios orbitales; bienvenidos a la Exploración de Urano y Neptuno.

Muchas gracias

Biagi, Juan

Contacto

Portada: Urano y Neptuno por Voyager II (NASA).

Contenido

Urano

Características generales

Composición y estructura interna

Atmósfera

Composición atmosférica

Estructura en bandas, vientos y nubes

Variación estacional

Anillos

Magnetosfera

Satélites

Titania

Miranda

Ariel

Umbriel

Oberón

Descubrimiento

Neptuno

Características generales

Atmósfera

Clima

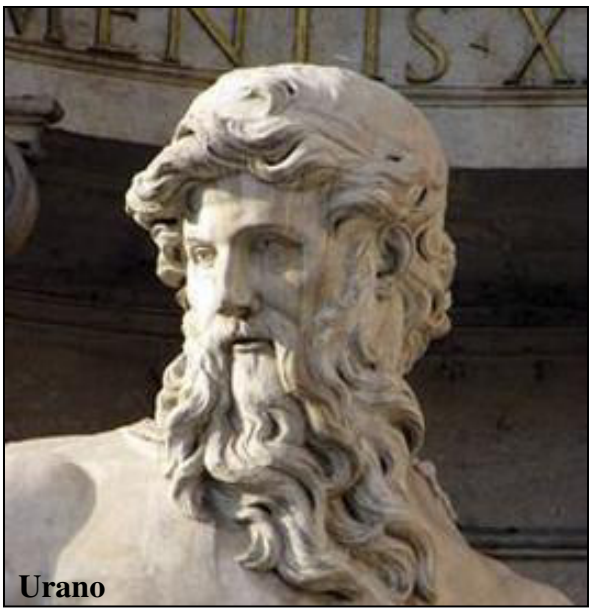
Anillos

Satélites

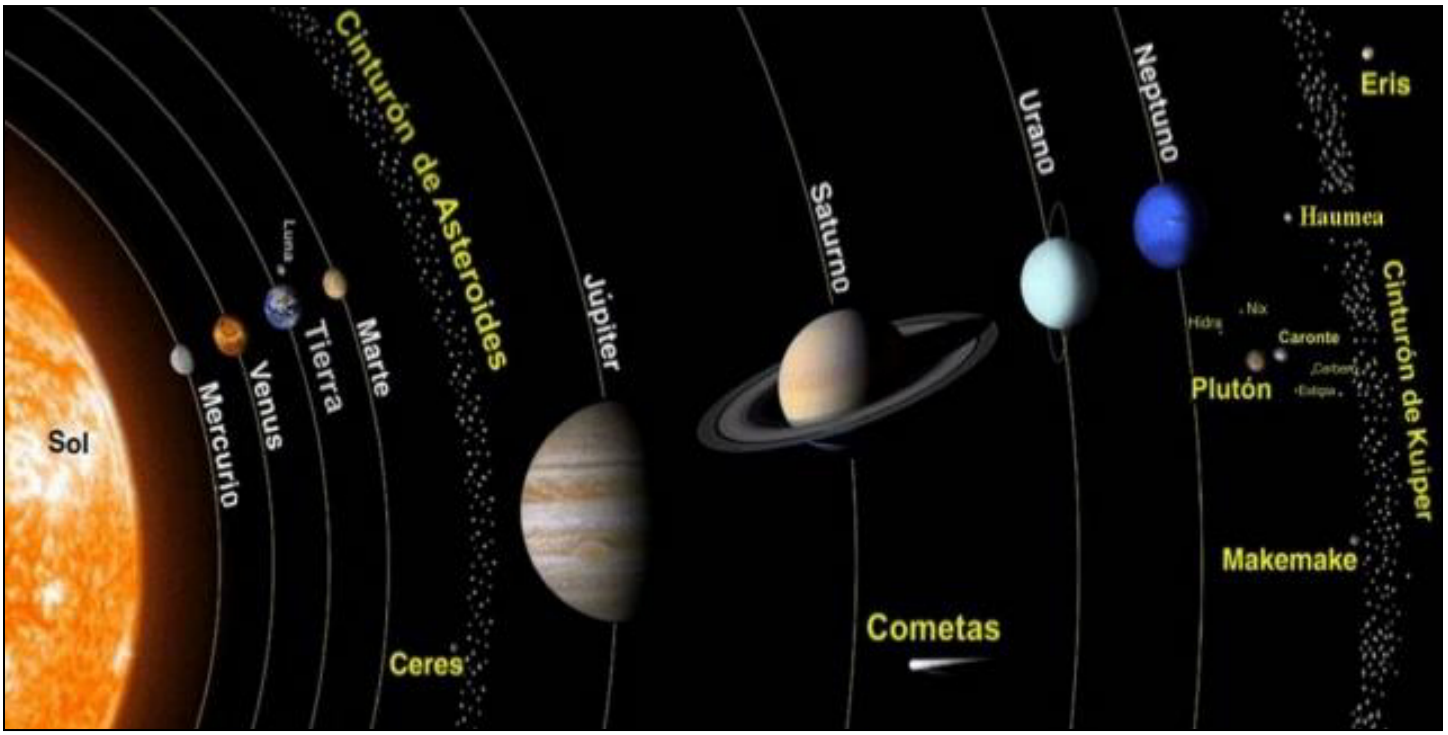
Urano

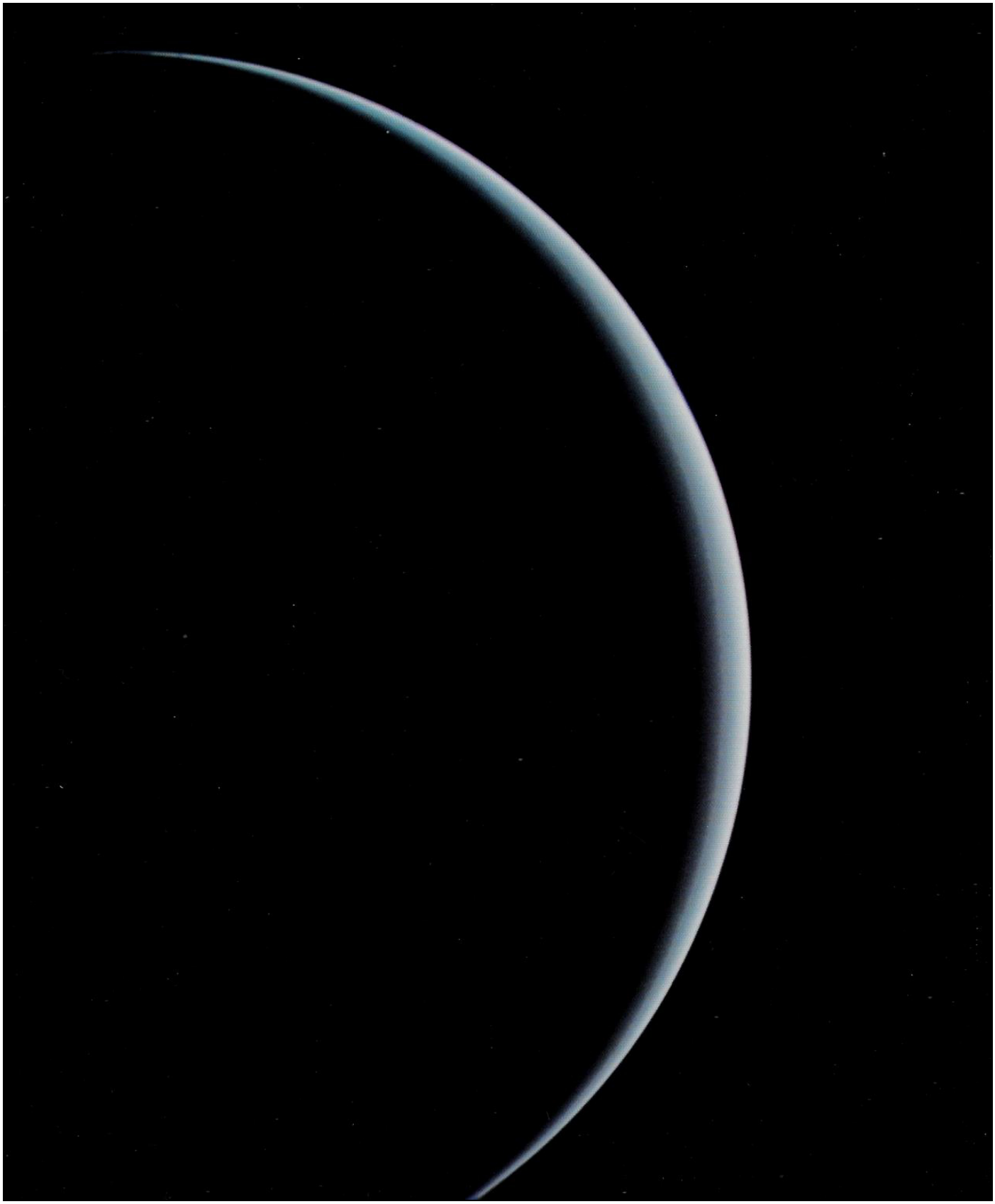
Características generales

Urano es el séptimo planeta del Sistema Solar, tercero de mayor tamaño, aunque suele ser detectable a simple vista en el cielo nocturno, no fue catalogado como planeta por los astrónomos de la antigüedad debido a su escasa luminosidad y a la lentitud de su órbita, su nombre se debe en honor de la divinidad griega del cielo Urano, el padre de Crono (Saturno) y abuelo de Zeus (Júpiter) del griego Οὐρανός y latinizándose como Ūranus, es el primer planeta descubierto por medio de un telescopio, el símbolo astronómico de Urano se representa como ⛢ (híbrido entre los símbolos del planeta Marte y el Sol) ya que Urano era dios y personificación misma del cielo en la mitología griega, el cual creían dominado por los poderes combinados del Sol y de Marte.



Urano

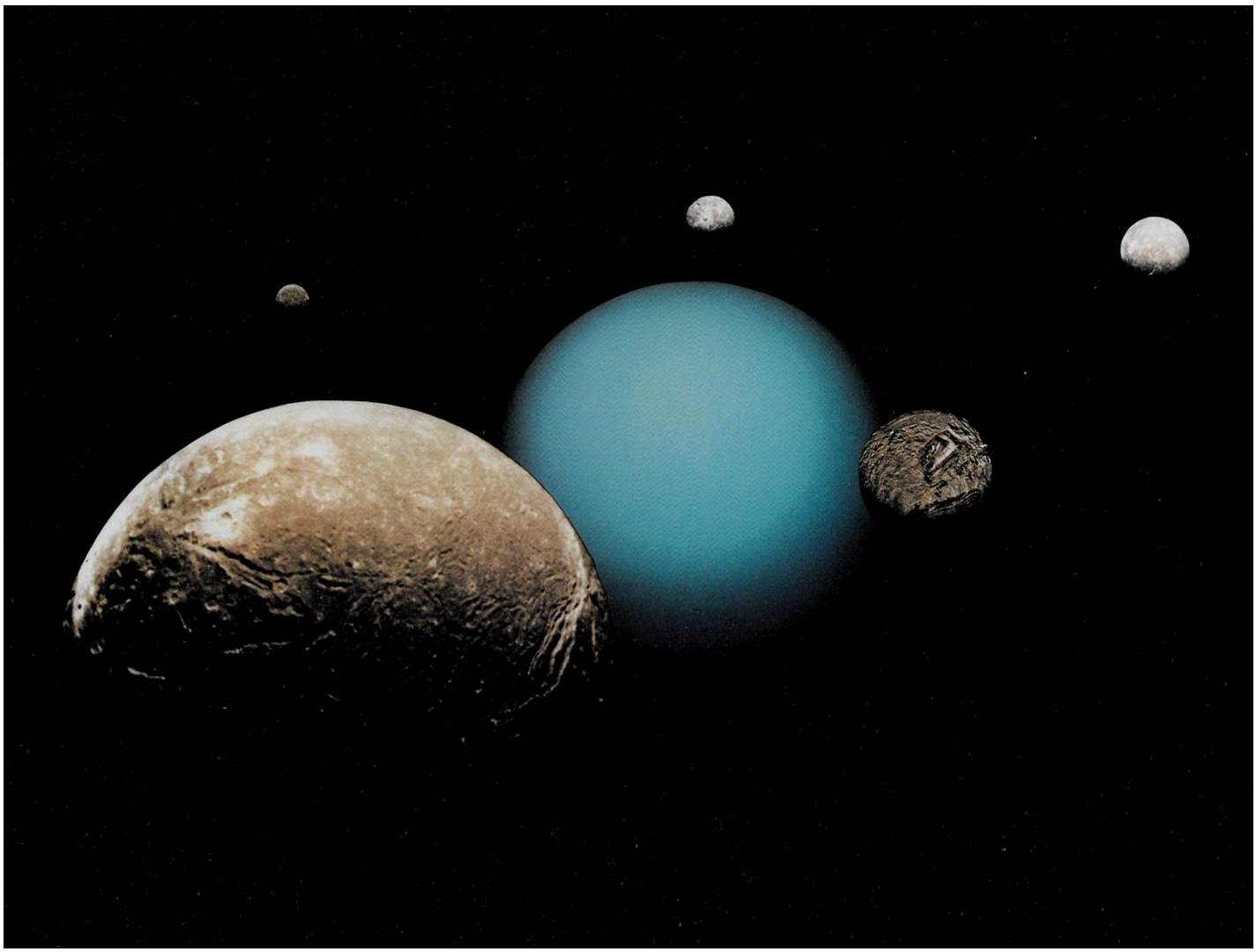




Su distancia media al Sol es de aproximadamente 3000 millones de Km, su traslación alrededor del Sol es de 84 años terrestres, la intensidad lumínica del Sol en Urano es alrededor de 1/400 que en la Tierra, el período rotacional del interior de Urano es de 17:14 hrs, al igual que en todos los planetas gigantes, la parte superior de la atmósfera experimenta vientos muy fuertes en la dirección de la rotación, en algunas latitudes (alrededor de dos tercios de la distancia entre el ecuador y el polo S) las características visibles de la atmósfera se mueven mucho más rápido, haciendo una rotación entera en tan poco tiempo como 14 hrs.

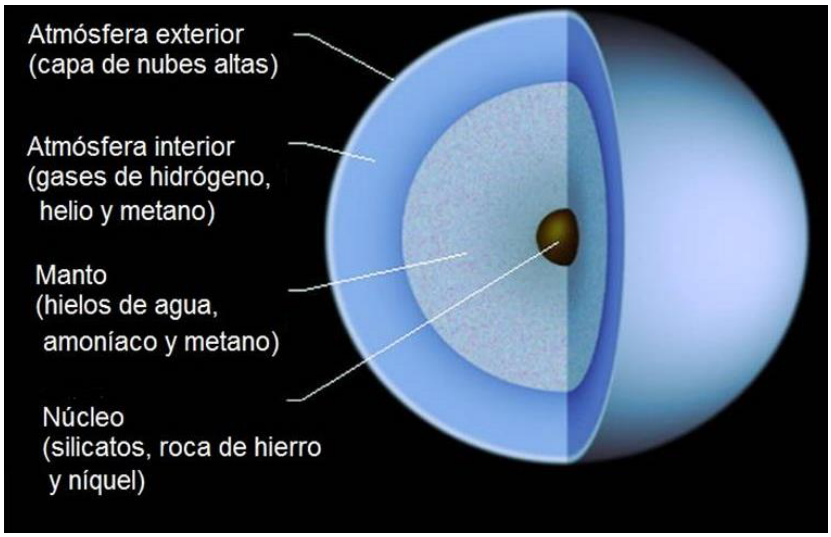
El eje de rotación de Urano está de lado con respecto al plano del Sistema Solar, con una inclinación del eje de 97°, produciendo cambios en las estaciones de un modo completamente diferente al de los demás planetas mayores, cuando se acercan los solsticios de Urano, un polo mira continuamente en dirección al Sol mientras que el otro está en el sentido contrario, sólo una banda estrecha alrededor del ecuador experimenta un ciclo rápido de día y noche, pero con el Sol muy bajo sobre el horizonte como en las regiones polares de la Tierra, al otro lado de la órbita de Urano, la orientación de los polos en dirección al Sol es inversa.

Cada polo recibe alrededor de 42 años terrestres de luz solar ininterrumpida, seguidos por 42 años de oscuridad, cuando se acercan los equinoccios, el Sol se alinea con el ecuador de Urano creando un período de ciclos día-noche parecidos a los que se observan en la mayoría de los otros planetas, el equinoccio más reciente de Urano fue el 7-12-2007.



Composición y estructura interna

La masa de Urano es 14,5 veces la de la Tierra haciéndolo el menos masivo de los planetas gigantes, mientras que su densidad, 1,27 g/cm³, lo hace el segundo menos denso entre ellos, estos valores indican que está compuesto principalmente de diversos tipos de hielos, como H_2O, amoníaco y metano, la masa total de hielo en el interior de Urano no se conoce con precisión, ya que salen valores diferentes según el modelo, sin embargo, debe de ser de entre 9,3 y 13,5 masas terrestres, el Hidrógeno y el Helio constituyen sólo una pequeña parte del total (entre 0,5 y 1,5 masas terrestres) el resto de la masa (0,5 a 3,7 masas terrestres) corresponde a material rocoso.



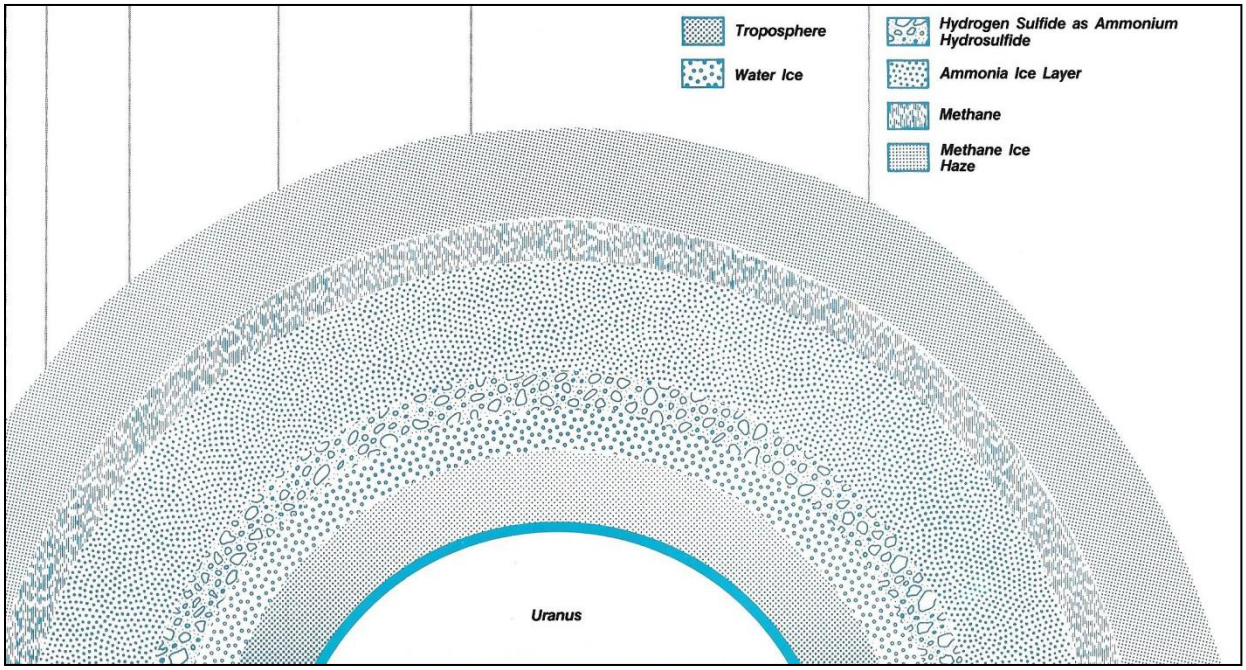
El modelo generalizado de la estructura de Urano consiste en un núcleo compuesto de roca con una masa relativamente pequeña, un manto de hielos y una atmósfera formada por Hidrógeno y Helio representando hasta un 15 % de la masa planetaria, el núcleo es relativamente pequeño, con una masa de sólo 0,55 masas terrestres y un radio de menos del 20% del total de Urano, el manto forma la mayor parte del planeta, con unas 13,4 masas terrestres, mientras que la atmósfera superior es relativamente tenue y forma el 20% final del radio de, la densidad del núcleo del planeta es de alrededor de 9 g/cm³, con una presión en el centro de 8 millones de bares y una temperatura de unos 4700 °C, el manto helado no esta compuesto de hielo en el sentido convencional sino que es un fluido caliente y denso que consiste de H_2O, amoníaco y otros volátiles, este fluido, que tiene una conductividad eléctrica elevada, se llama a veces océano de H_2O-amoniaco (la composición de Urano y Neptuno es muy diferente a la de Júpiter y Saturno, con hielo predominante por encima de los gases, lo que justifica que se clasifiquen por separado como gigantes de hielo).

El modelo antes mencionado es más o menos estándar, no siendo el único, otros modelos también concuerdan con las observaciones, en el caso de que si hubiera cantidades sustanciales de Hidrógeno y material rocoso mezcladas en el manto helado, la masa total de hielos en el interior sería menor, y, por tanto, la masa total de rocas e Hidrógeno sería mayor, los datos disponibles en la actualidad no permiten que la ciencia determine qué modelo es el correcto, la estructura interior fluida de Urano significa que no tiene superficie sólida.

El calor interno de Urano parece ser más bajo que la de los otros planetas gigantes, en términos astronómicos tiene un flujo térmico bajo (todavía no establecido el por qué) la temperatura interna de Urano es tan baja; en contraste, apenas irradia calor, la potencia total irradiada por Urano en la parte IR lejana del espectro (el calor) es 01:06 ± 12:08 veces la energía solar absorbida en su atmósfera, el flujo térmico de Urano es sólo de 0,042 ± 0,047 W/m², que es más bajo que el flujo térmico interno de la Tierra (0,075 W/m²) la temperatura más baja registrada en la tropopausa de Urano es de -224 °C, haciendo de Urano el planeta más frío del Sistema Solar, una de las hipótesis para esta discrepancia es que cuando Urano recibió el impacto que provocó su elevada inclinación axial, el evento le hizo expulsar la mayor parte de su calor primigenio, agotando la temperatura de su núcleo, otra de las hipótesis es que existe algún tipo de barrera en las capas atmosféricas superiores que impide que el calor del núcleo llegue a la superficie, puede haber convección en un conjunto de capas de composición diferente, que inhiben el transporte de calor hacia arriba.

Atmósfera

La atmósfera gaseosa hace una transición gradual hacia las capas líquidas internas, sin embargo, se describe como un esferoide oblato de revolución, donde la presión es de 1 bar y se designa como superficie, posee un radio ecuatorial de 25559 ±4 Km y polar de 24973 ±20 Km, respectivamente (considerándose esta superficie como punto cero de altitud) aunque no existe una superficie sólida bien definida en su interior, la parte más exterior de la envoltura gaseosa (que es accesible por sensores remotos) se denomina atmósfera, la capacidad de los sensores remotos llega a aproximadamente hasta unos 300 Km por debajo del nivel de 1 bar, con una presión correspondiente de unos 100 bares y una temperatura de 46 °C, la corona tenue de la atmósfera se extiende notablemente por encima de dos radios planetarios desde la superficie nominal (punto con presión de 1 bar) la atmósfera de se puede dividir en tres capas, Troposfera, entre altitudes de -300/50 Km y presiones desde 100 a 0,1 bar, Estratosfera, en altitudes entre 50/4000 Km y presiones entre 0,1/10bar, Termosfera/Corona, que se extiende desde 4000/50000 Km de la superficie, no posee Mesosfera.



Composición atmosférica

La composición de la atmósfera consiste principalmente de Hidrógeno molecular y Helio, el número de átomos de Helio por molécula de gas, es de 0,15 ± 0,03 en la troposfera superior, que corresponde a una fracción de masa de 12:26 ±0,05, valor es muy próximo a la fracción de masa de Helio protosolar de 0,275 ±0,01, indicando que el Helio no se depositó en el centro del planeta contrariamente al resto de los gigantes gaseosos, el tercer componente más abundante en la atmósfera es el metano, teniendo bandas de absorción prominentes en la banda de luz visible y casi IR que dan el color aguamarina o cian; las moléculas de metano representan el 2,3% de la atmósfera por fracción molar bajo la cubierta de nubes de metano en el nivel de presión de 1,3 bar (20 a 30 veces la abundancia de Carbono encontrados en el Sol) la tasa de mezcla es mucho menor en la atmósfera superior debido a su temperatura extremadamente baja, que disminuye el nivel de saturación y provoca que el metano excedente se congele y salga, la abundancia de compuestos menos volátiles como amoníaco, H_2O o ácido sulfhídrico en la atmósfera interior es poco conocida, además de metano, también se encuentran cantidades residuales de varios hidrocarburos en la Estratosfera, posiblemente producidos a partir del metano mediante fotólisis inducida por la radiación UV del Sol, esto incluye al etano, acetileno, metilacetileno, poliacetileno, la espectroscopia también ha descubierto trazas de vapor de H_2O, monóxido de Carbono y dióxido de Carbono en la atmósfera superior, que sólo se pueden haber originado desde una fuente externa como el polvo de los cometas.

Troposfera

Es la parte más baja y densa de la atmósfera y se caracteriza por una disminución de la temperatura con la altitud, la temperatura cae desde 46 °C (en la base de la Troposfera nominal, -300 Km) hasta -223 °C a 50 Km, las temperaturas en la región superior más fría de la Troposfera (Tropopausa) varían entre los -224/-216 °C, según la latitud planetaria, la región de la Tropopausa es responsable de la gran mayoría de las emisiones térmicas en IR lejano del planeta, determinando así su temperatura efectiva de 215 °C, se cree que la Troposfera tiene una estructura de nubes altamente compleja; se estima que se pueden encontrar nubes de H_2O en el rango de presiones de 50/100 bar, nubes de hidrosulfuro de amonio en el rango de 20/40 bar, nubes de amoníaco o sulfuro de Hidrógeno entre 3/10 bar y finalmente nubes altas de metano que se han detectado directamente en el rango de 1/2 bar, la Troposfera es una parte muy dinámica de la atmósfera, con vientos fuertes, nubes brillantes, y cambios estacionales.

Atmósfera superior

La capa media de la atmósfera es la Estratosfera, donde la temperatura aumenta en general con la altitud desde -220 °C en la Tropopausa hasta entre 526/576 °C en la base de la Termosfera, el calentamiento de la Estratosfera se debe a la absorción de radiación solar UV e IR por el metano y otros hidrocarburos, que se forman en esta parte de la atmósfera como resultado de la fotólisis del metano, el calor también llega por conducción desde la Termosfera, los hidrocarburos ocupan una capa relativamente estrecha en altitudes entre 100 y 280 Km, que corresponden con un rango de presiones de 10 a 0,1 bar y temperaturas entre -198/-103 °C, los hidrocarburos más abundantes son el metano, el acetileno y el etano con tasas de mezcla alrededor de 10-7 en relación con el Hidrógeno, la tasa de mezcla del monóxido de Carbono es similar en estas altitudes, los hidrocarburos más pesados y el dióxido de Carbono tienen tasas de mezcla inferiores en tres órdenes de magnitud, la tasa de abundancia de H_2O es alrededor de $7x10^{-9}$, el etano y el acetileno tienden a condensarse en la parte inferior, más fría, de la Estratosfera y la Tropopausa (por debajo del nivel de 10 mBar) formando capas de niebla o bruma, que pueden ser responsables en parte del aspecto liso del planeta, la concentración de hidrocarburos en la Estratosfera por encima de la niebla es significativamente más baja que en las estratosferas de los otros planetas gigantes.

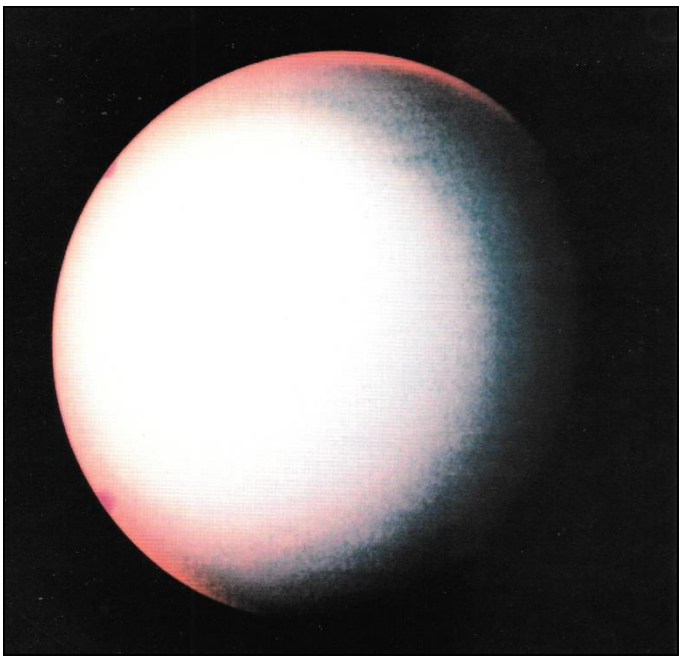
Termosfera-Corona

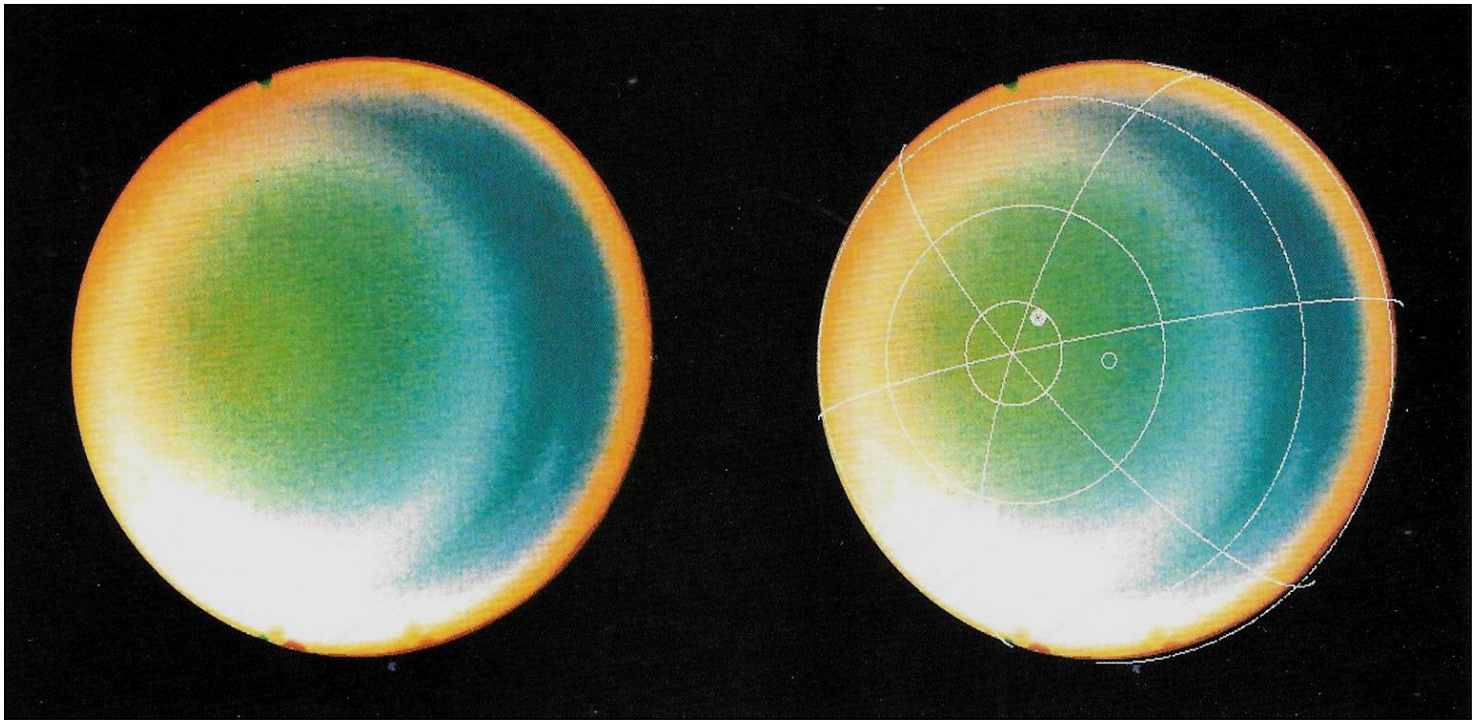
La capa más exterior de la atmósfera es la Termosfera-Corona, que tiene una temperatura uniforme alrededor de 526/576 °C, las fuentes de calor necesarias para sostener un valor tan elevado todavía no se entienden, ya que ni la radiación solar UV lejana o UV extrema ni la actividad de las auroras pueden proporcionar la energía necesaria, también puede contribuir la débil eficiencia de refrigerado debida a la falta de hidrocarburos en la Estratosfera por encima del nivel de presión de 0,1 mbar, además de Hidrógeno molecular, la Termosfera-Corona contiene una proporción elevada de átomos de Hidrógeno libres, su pequeña masa junto con las altas temperaturas explican por qué la Corona se extiende hasta 50000 Km desde el planeta, el que sea tan extensa es una propiedad única de Urano, uno de sus efectos es la resistencia aerodinámica sobre partículas pequeñas en órbita provocando que en general se agote el polvo interestelar a los anillos del planeta.

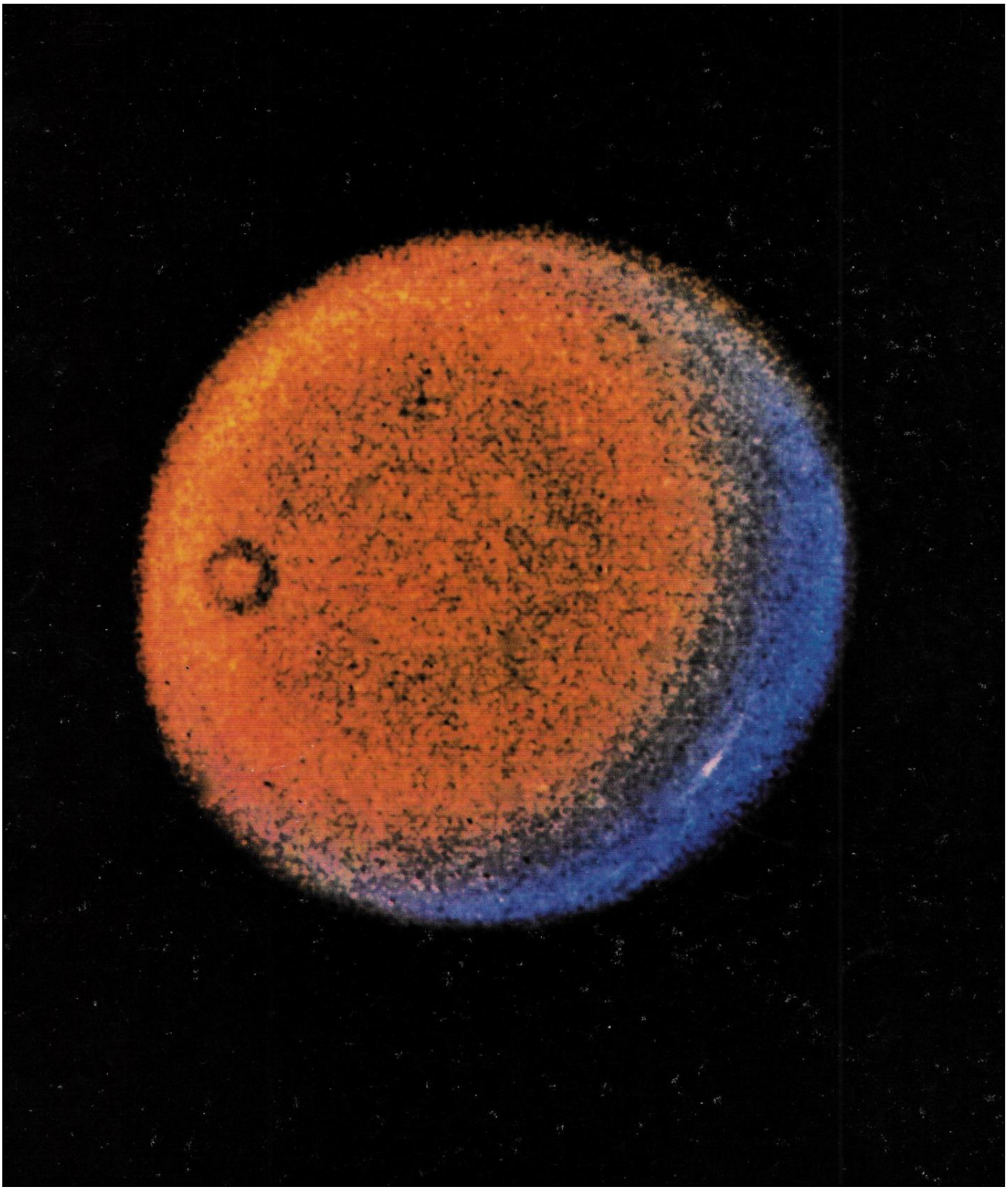
La Termosfera, junto con la parte superior de la Estratosfera, corresponde con la Ionosfera de Urano, las observaciones muestran que la Ionosfera ocupa altitudes desde 2000 a 10000 Km (es más densa que la de Saturno o Neptuno) lo que puede deberse a la baja concentración de hidrocarburos en la Estratosfera, la Ionosfera se sostiene principalmente por la radiación UV solar y su densidad depende de la actividad solar.

Estructura en bandas, vientos y nubes

En 1986 la sonda Voyager-2 descubrió que el hemisferio S visible de Urano se puede subdividir en dos regiones, un Casquete Polar brillante y bandas ecuatoriales oscuras, su límite se encuentra a unos -45° de latitud, una banda estrecha se extiende entre -45/-50° de latitud y es la característica grande más brillante de la superficie visible del planeta, se lo denomina Collar Meridional, se cree que el Casquete Polar y el Collar Meridional son regiones densas de nubes de metano situadas dentro del rango de presiones entre 1,3 y 2 bar, además de la estructura de bandas de gran escala, el Voyager-2 observó diez pequeñas nubes brillantes, la mayoría de las cuales se encontraban situadas algunos grados al N del Collar, la nave Voyager-2 llegó en medio del verano austral del planeta y no pudo observar el hemisferio N.

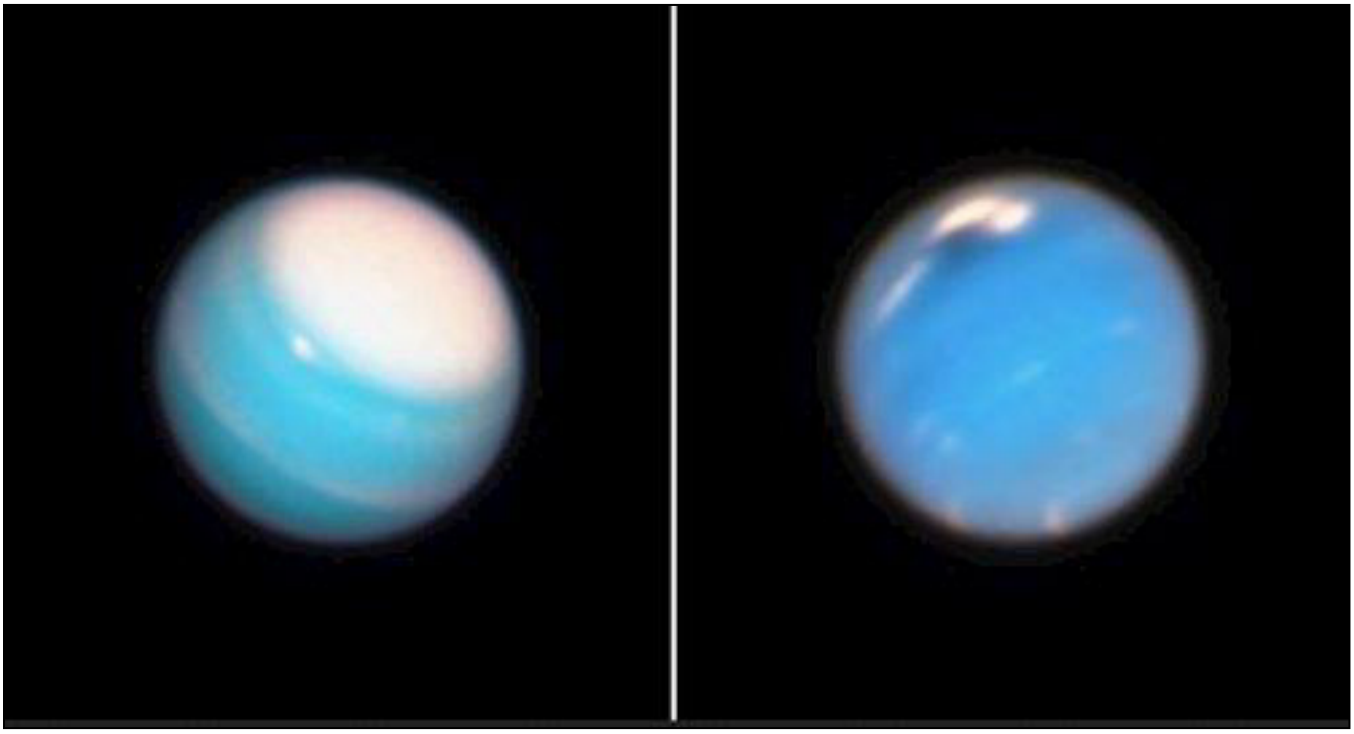






En la década de 1990, el número de formas de nubes brillantes observadas creció considerablemente, en parte gracias a la disponibilidad de nuevas técnicas de procesamiento de imágenes en alta resolución, la mayoría se encontraron en el hemisferio N a medida que se iba haciendo visible (las nubes brillantes son más fáciles de identificar en la parte oscura del planeta, existen diferencias entre las nubes de cada hemisferio, las nubes septentrionales son más pequeñas, más definidas y más brillantes, asimismo, parece que están situadas en una altitud más elevada, el tiempo de vida de las nubes puede diferir en varios órdenes de magnitud, algunas nubes pequeñas duran horas, mientras que una nube meridional parece que ha persistido desde la época del vuelo del Voyager 2, observaciones recientes también han descubierto que las formas de las nubes de Urano tienen muchas cosas en común con las de Neptuno.

A principios de la década del 2000, cuando la región polar septentrional se hizo visible, el Telescopio Espacial Hubble (HST) (foto) y el Telescopio Keck no observaron ni el Collar ni el Casquete Polar en el hemisferio N, por lo tanto, Urano parece asimétrico, brillante cerca del polo S y oscuro uniformemente en la región situada al N del Collar Meridional, en 2007, cuando Urano pasó a su equinoccio, el Collar del S casi había desaparecido, mientras que en el Norte surgía un Collar débil a unos 45° de latitud, las manchas oscuras frecuentes en el planeta Neptuno no se habían observado nunca en Urano antes de 2006, se especula que Urano se va pareciendo cada vez más a Neptuno durante la estación equinoccial.



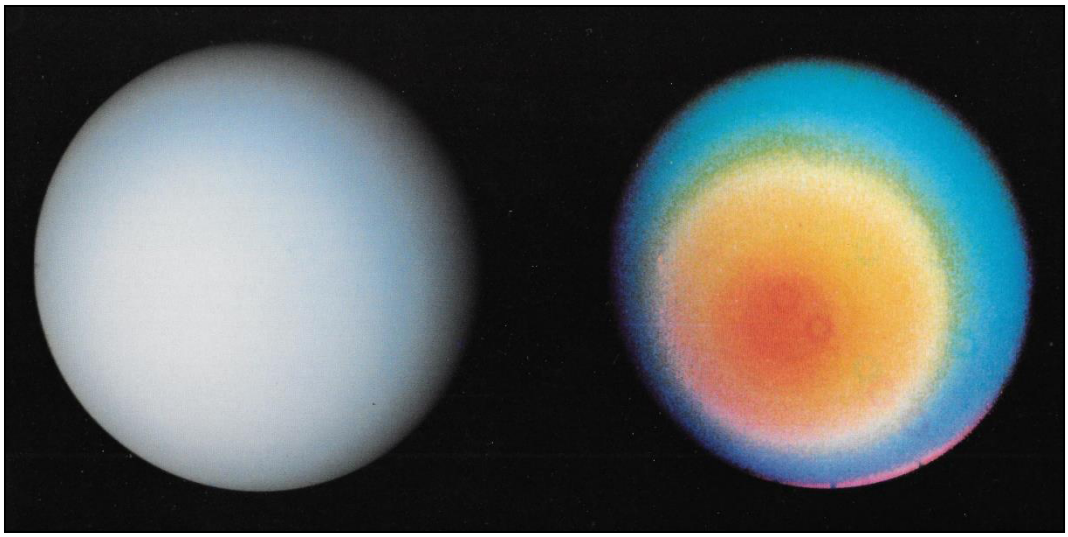
El seguimiento de numerosas formas de nubes permitió la determinación de vientos zonales y meridionales soplando en la Troposfera superior, en el ecuador los vientos son retrógrados (soplan en la dirección contraria de la rotación del planeta) sus velocidades varían entre -360/-180 Km/h, las velocidades de los vientos aumentan con la distancia al ecuador, alcanzando niveles cero en torno a la latitud ±20°, donde se sitúa la temperatura mínima de la Troposfera, más cerca de los polos, los vientos cambian a un movimiento prograd, siguiendo la rotación del planeta.

Las velocidades del viento continúan aumentando llegando al máximo a una latitud de ±60° antes de volver a cero en los polos, las velocidades del viento a una latitud de -40° varían entre 540/720 Km/h, como el Collar oscurece todas las nubes debajo de este paralelo, las velocidades entre este y el polo S son imposibles de medir, en contraste, en el hemisferio N se han observado velocidades máximas de hasta 864 Km/h alrededor de +50° de latitud.

Variación estacional

Durante un periodo corto de tiempo en el año 2004, aparecieron nubes grandes en la atmósfera, dándole un aspecto parecido a Neptuno, se observaron velocidades de viento récord de 824 Km/h y una tormenta persistente, en 2006 se observó una mancha oscura en la superficie, dando a los astrónomos más datos sobre la actividad atmosférica del planeta, no se conoce exactamente el porqué se produce este aumento repentino de actividad, pero al parecer la inclinación extrema del eje tiene como resultado variaciones estacionales extremas en el tiempo atmosférico, determinar la naturaleza de esta variación estacional es difícil porque hace menos de 84 años (que equivalen a un año en Urano) que hay datos fiables sobre su atmósfera, sin embargo, se han hecho algunos descubrimientos.

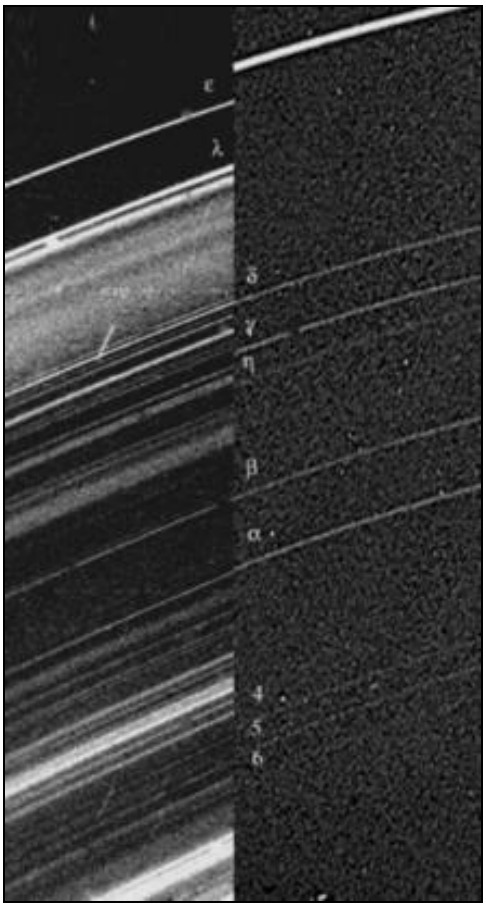
La fotometría a lo largo de medio año de Urano (desde la década de 1950) ha mostrado una variación regular del brillo en dos bandas espectrales, con los máximos durante los solsticios y los mínimos durante los equinoccios, se ha observado una variación periódica similar, con máximos durante los solsticios, a las medidas para microondas de la parte más profunda de la Troposfera que empezaron en los años 1960, las medidas de la temperatura de la Estratosfera, que empezaron en los años 1970, también mostraron valores máximos en torno al solsticio de 1986.

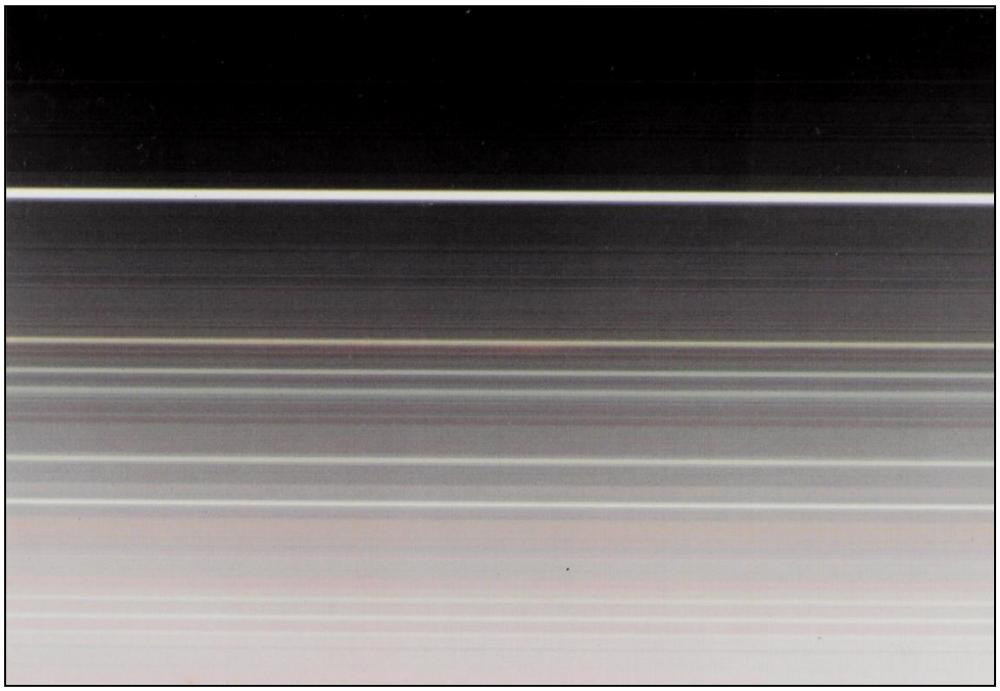


Mientras que se sabe que el planeta tiene una región polar brillante al S, el polo N es más amortiguado, lo que es incompatible con el modelo de cambio estacional descrito, durante el solsticio septentrional de 1944, Urano mostró niveles elevados de claridad, sugiriendo que el polo N no ha sido siempre tan oscuro, esta información implica que el polo visible gana claridad antes del solsticio y oscurece después del equinoccio, los análisis en el espectro visible y microondas revelaron que los cambios periódicos de brillo no son completamente simétricos alrededor de los solsticios, lo que también indica un cambio en los patrones de albedo meridionales, en la década de 1990, mientras Urano se alejaba del solsticio, el HST y telescopios terrestres revelaron que el casquete del polo S se oscurecía de forma evidente (excepto el Collar del sur, que continuó brillando) mientras que el hemisferio N demuestra cada vez más actividad, como formaciones nubosas y vientos más fuertes, este hecho ocurrió en 2007, cuando el planeta pasaba por un equinoccio, surgiendo un débil Collar en el polo N, mientras que el Collar S llegó a ser casi invisible, aunque el perfil del viento zonal se mantuvo ligeramente asimétrico, con vientos más fuertes en el N con respecto al S; cerca de los solsticios de verano e invierno, los hemisferios de Urano son alternativamente, encarados hacia los rayos del Sol, o de cara al espacio profundo, se cree que la aclaración del hemisferio iluminado por el Sol es el resultado del espesamiento de las nubes de metano y de las capas de niebla situados en la Troposfera, el Collar brillante de la latitud de -45° también está conectado con nubes de metano, otros cambios en la región del polo S se pueden explicar por cambios en las capas bajas de nubes, la variación en la emisión de microondas del planeta es causada probablemente por los cambios en la circulación profunda de la Troposfera, porque las nubes y la niebla gruesa del polo deben inhibir la convección.

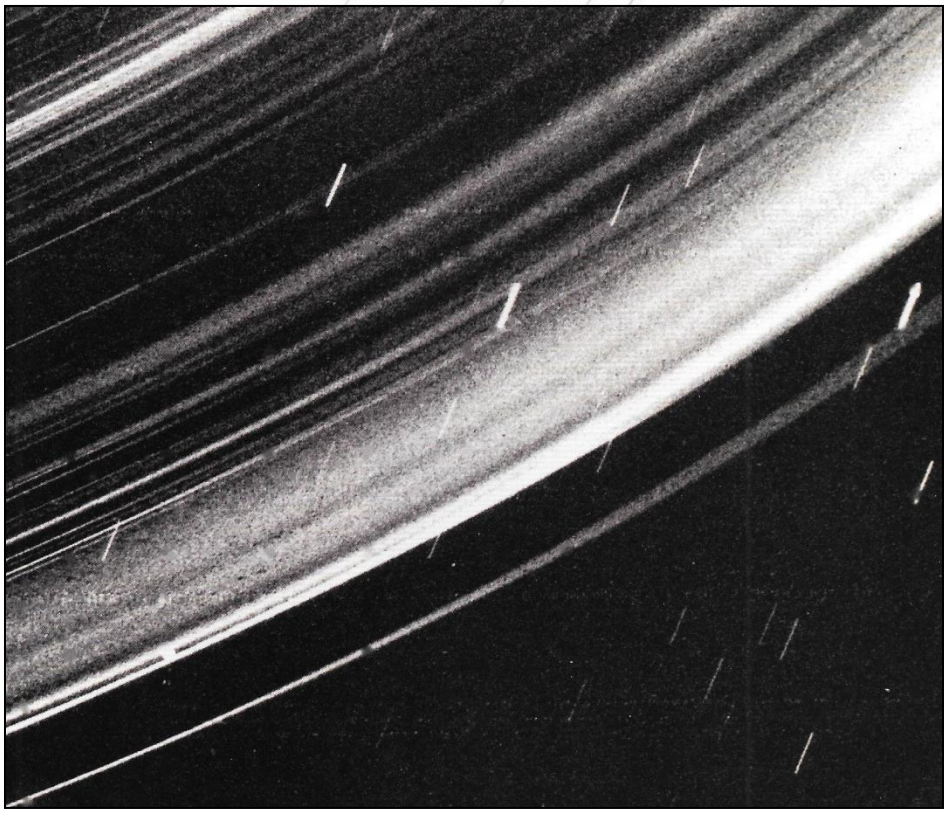
Anillos

La primera mención al sistema de anillos de Urano procede de notas de William Herschel que detallan sus observaciones del planeta en el siglo XVIII, esta observación suele considerarse dudosa, ya que los anillos son muy tenues, y en los dos siglos siguientes ningún observador se percató de la existencia de estos, sin embargo, Herschel hizo una descripción detallada del anillo ε en cuanto al tamaño, el ángulo con respecto a la Tierra, el color rojo y los cambios aparentes a medida que Urano se movía alrededor del Sol, los anillos fueron descubiertos fortuitamente el 10-03-1977 James Elliot, Edward Dunham y Douglas Mink, utilizando el Kuiper Airborne Observatory, observaron cómo la luz de una estrella cercana a Urano se desvanecía al aproximarse el planeta, luego de analizar con detalle sus observaciones, se descubrió que la estrella había desaparecido brevemente cinco veces tanto antes como después de desaparecer detrás del planeta, concluyeron que la única explicación era que había un sistema de anillos estrechos alrededor, posteriormente, se detectaron cuatro más, fueron observados directamente por la sonda Voyager 2 en 1986, descubriendo también dos anillos tenues adicionales hasta llegar a 11.

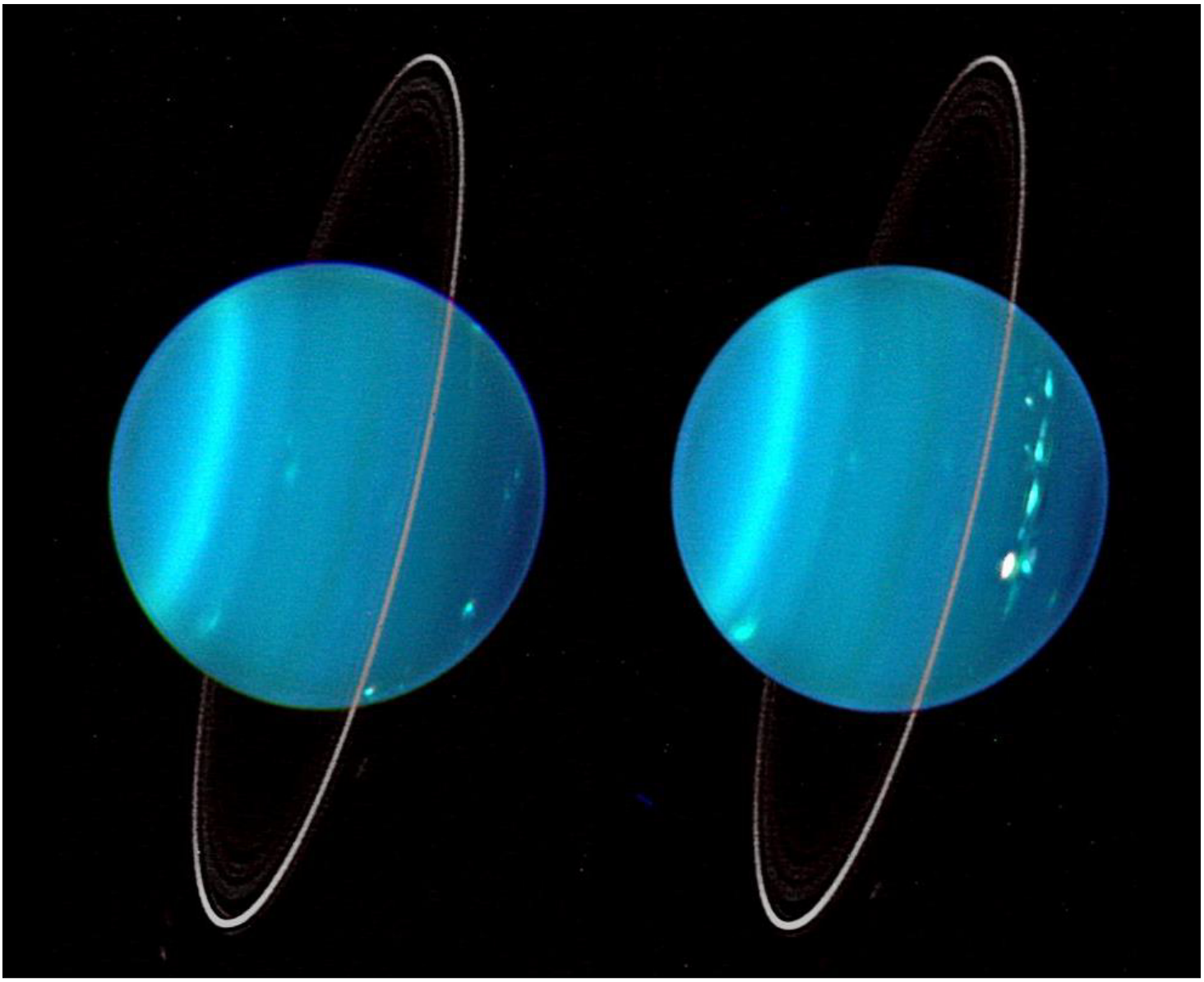




El sistema anular de Urano fue el segundo en ser descubierto en el Sistema Solar, las partículas que componen los anillos son muy oscuras y tienen tamaños desde micrómetros hasta fracciones de metro, actualmente se conocen 13 anillos, de los cuales el más brillante es el anillo ε, todos los anillos (menos dos) son extremadamente estrechos, teniendo algunos anillos tan sólo unos cuantos Km de ancho; principalmente está compuesto por cuerpos grandes de 0,2/20 m de diámetro, algunos anillos son ópticamente delgados, consideraciones dinámicas indican que no se formaron junto con Urano, la materia de los anillos puede haber sido parte de uno o varias lunas que fueron destruidas por impactos a alta velocidad, de los numerosos trozos de escombros generados por estos impactos, sólo sobrevivieron algunas partículas en un número limitado de zonas estables que corresponden a los anillos actuales.



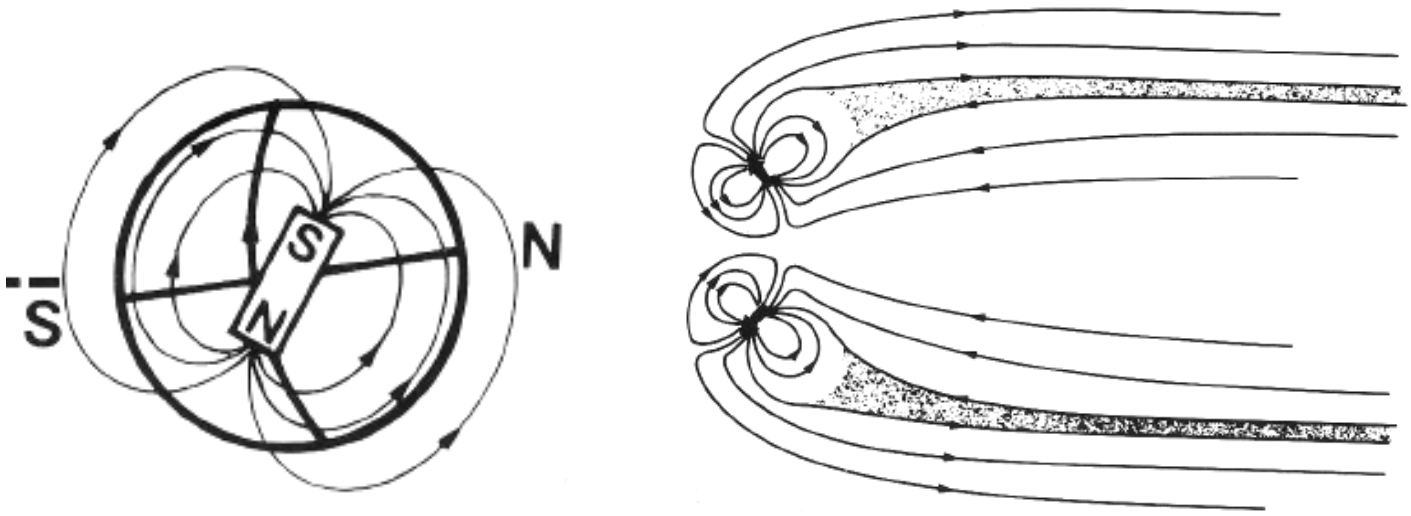
En 2005, el HST detectó anillos desconocidos hasta ese momento; que posteriormente fueron bautizados como μ y ν, el más grande se encuentra al doble de distancia desde el planeta que los anillos conocidos anteriormente, estos anillos se encuentran tan lejos del planeta que fueron denominados sistema de anillos exteriores, el HST también localizó dos satélites pequeños, uno de los cuales (Mab) comparte órbita con el anillo más exterior (descubierto recientemente) los anillos nuevos descubiertos hacen que el número total sea de 13, en 2006, imágenes obtenidas por el Observatorio Keck mostraron los colores de los anillos exteriores, el más lejano es azul y el otro es de color ligeramente rojizo (una hipótesis sobre el color azul del anillo exterior es que está compuesto de pequeñas partículas de H_2O helada de la superficie de Mab que son lo suficientemente pequeñas para esparcir la luz azul, en contraste, los anillos internos del planeta se ven grises)



Magnetosfera

Cuando llegó la sonda Voyager-2, se tomaron las primeras medidas de la magnetosfera, los astrónomos esperaban que el campo magnético de Urano estuviera alineado con el viento solar, ya que entonces se alinearía con los polos del planeta que se encuentran sobre la eclíptica.

Voyager-2 reveló que el campo magnético es también anormal en su posición y características ya que su origen no se encuentra en el centro geométrico del planeta, y además el eje magnético está inclinado 59° respecto del eje de rotación, el dipolo magnético está desplazado hacia el polo S de rotación en casi un tercio del radio planetario, esta geometría inusual tiene como resultado una magnetosfera altamente asimétrica, donde la fuerza del campo magnético en la superficie del hemisferio S puede llegar a ser tan baja como en 0,1 gauss, mientras que en el hemisferio N puede llegar a los 1,1 gauss, el campo medio en la superficie es de 0,23 gauss (en comparación, el campo magnético de la Tierra tiene aproximadamente la misma fuerza en ambos polos, y su ecuador magnético es prácticamente paralelo al ecuador geográfico, una hipótesis es que, a diferencia de los campos magnéticos de los planetas terrestres y los gigantes gaseosos, que se generan dentro de sus núcleos, los campos magnéticos de los gigantes de hielo son generados por movimiento en zonas relativamente poco profundas, como el océano de H_2O-amoniaco.



A pesar de su alineación original, en otros aspectos, la magnetosfera de Urano es como las de los otros planetas, tiene un límite exterior situado alrededor de 23 radios por delante, una magnetopausa a 18 radios planetarios, una cola magnética completamente desarrollada y cinturones de radiación, la cola de la magnetosfera sigue detrás del planeta hacia el espacio en una extensión de millones de Km y está atornillada por la rotación del planeta en un largo tirabuzón, contiene partículas cargadas; protones y electrones con una pequeña cantidad de iones H_2^+ (no se han detectado iones más pesados) muchas de estas partículas probablemente proceden de la Corona atmosférica, que contiene temperaturas demasiado calientes, las energías de los iones y electrones pueden llegar a 4 y 1,2 MeV, respectivamente, la densidad de iones de baja energía (por debajo de 1 KeV) en la magnetosfera interior es alrededor de 2 cm^{-3}, la población de partículas está afectada fuertemente por los satélites que barren la magnetosfera dejando huecos detectables, el flujo de partículas es lo suficientemente alto para causar que se oscurezcan o se erosionen las superficies del satélite en un margen de tiempo muy rápido (en términos astronómicos) de 100000 años, puede ser la causa de la coloración uniformemente oscura de los satélites y los anillos, el planeta posee auroras relativamente bien desarrolladas, que se ven como arcos brillantes alrededor de los dos polos magnéticos, las auroras de Urano parecen insignificantes para el balance de energía de la Termosfera planetaria.

Satélites

Urano posee 27 satélites naturales conocidos, los nombres de estos satélites se deben a los personajes de las obras de Shakespeare y Alexander Pope, los cinco satélites principales son Titania, Miranda, Ariel, Umbriel y Oberón, el sistema de satélites de Urano es el menos masivo entre los gigantes gaseosos, tienen albedos relativamente bajos, desde 0,20 de Umbriel hasta el 0,35 de Ariel (en luz verde) son conglomerados de roca helada, compuestos en un 50% por hielo que podría tener dióxido de Carbono y Amoníaco y en un 50% por roca.

Titania

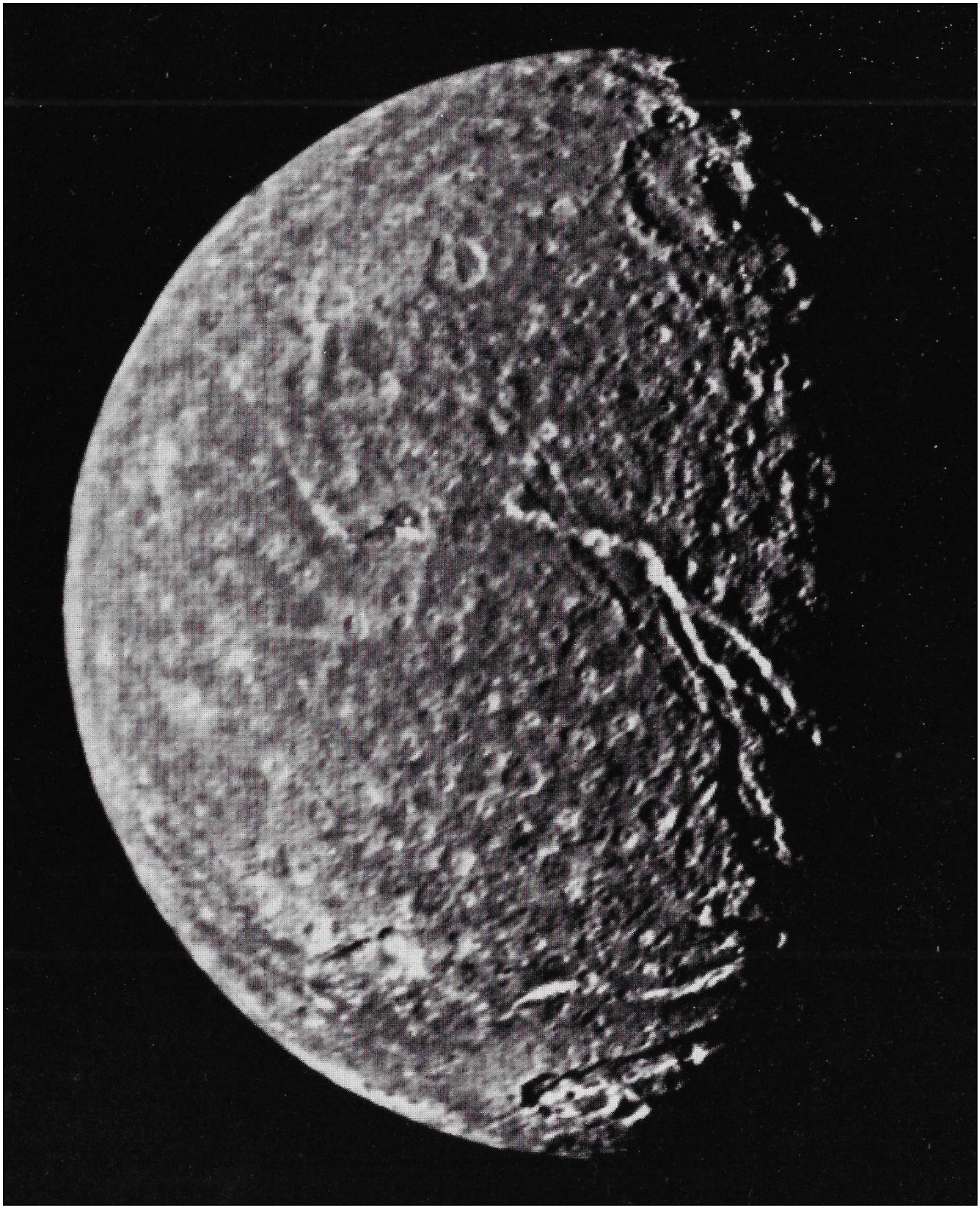
Es el mayor de los satélites de Urano, tiene un radio de 788,9 Km, orbita a una distancia de aproximadamente 436000 Km, siendo el segundo más alejado del planeta de sus cinco principales satélites. La órbita de Titania tiene una baja excentricidad e inclinación respecto del ecuador de Urano, su periodo orbital es alrededor de 8,7 días coincidente con el periodo de rotación sobre su eje (una cara de Titania siempre apunta a Urano) la órbita discurre completamente dentro de la magnetosfera de Urano, este efecto es importante porque en todos los satélites que orbitan en el interior de la magnetosfera de Urano (todos excepto Oberón) el hemisferio que queda a la espalda del movimiento de traslación del satélite a lo largo de su órbita, se ve barrido por el plasma magnetosférico que rota junto con el planeta, este bombardeo supone el oscurecimiento de esos hemisferios.

Debido a la gran inclinación del eje de rotación de Urano respecto del Sol, al girar sus satélites en el plano ecuatorial también se ven sometidos a un ciclo estacional extremo, ambos hemisferios N y S pasan 42 años en completa oscuridad y luego otros 42 años de iluminación continua, su densidad es de 1710 Kg/m (mayor que las densidades medias de los satélites de Saturno) lo que indica que están formados de proporciones aproximadamente iguales de hielo de H_2O y de un componente más denso que puede incluir rocas y compuestos orgánicos pesados.

La presencia de hielo de H_2O se debe a observaciones espectroscópicas, que revelaron la presencia de hielo de H_2O cristalizado, las líneas de absorción del hielo de H_2O son más fuertes en el hemisferio delantero (el del sentido de la traslación del satélite) que en el hemisferio trasero, la causa de esta asimetría no está clara, pero puede estar relacionada con el bombardeo de partículas cargadas procedentes de la magnetosfera de Urano, que es más fuerte en el hemisferio trasero, debido a la corrotación del plasma magnetosférico con el satélite, partículas de alta energía someten a la superficie a un proceso de pulverización catódica descomponiendo el H_2O y los compuestos orgánicos, dejando como residuo un oscuro material rico en Carbono.

Excepto el H_2O, el único compuesto identificado en la superficie de Titania por espectroscopia IR es el dióxido de Carbono, que se concentra fundamentalmente en el hemisferio trasero, otros posibles candidatos para la superficie oscura incluyen varias sales y compuestos orgánicos, el origen del dióxido de Carbono es también desconocido, probablemente se produjo localmente a partir de carbonatos o de compuestos orgánicos bajo la influencia de la radiación UV solar o por partículas energéticas cargadas provenientes de la magnetosfera de Urano, otra posible fuente es la surgencia de dióxido de Carbono primordial atrapado en el interior del hielo de H_2O en el interior del satélite, el escape de dióxido de Carbono puede estar relacionado con el pasado geológico de Titania.

El interior de Titania puede dividirse en un núcleo rocoso rodeado por un manto helado, si éste es el caso, el radio del núcleo, sería de 520 Km, la presión en el centro de Titania es de aproximadamente 0,58 GPa, si el manto contiene suficiente amoníaco, Titania podría contener un océano líquido en el límite entre el núcleo y el manto, el ancho de este océano seria como máximo de 50 Km y su temperatura rondaría los -83 °C, la estructura interna de Titania depende en gran medida de la historia termal del satélite, que es, hoy en día, poco conocida.



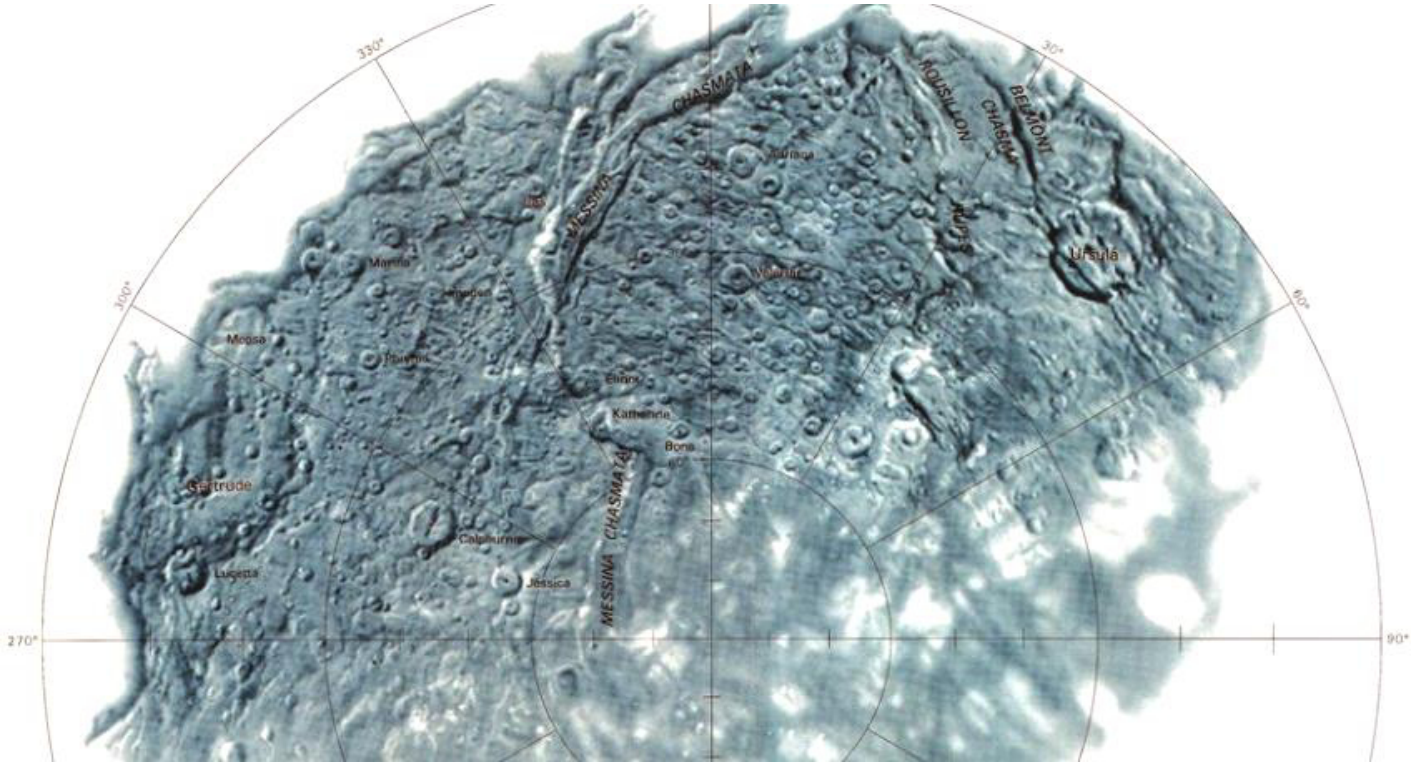
Los investigadores han identificado dos clases de accidentes geológicos en Titania: cráteres de impacto, cañones y zonas escarpadas, está cortada por un sistema de enormes fallas normales y escarpes, en algunas zonas, entre las fallas paralelas en la corteza helada se forman fosas tectónicas que tienen entre 20/50 Km de ancho y una profundidad de entre 2/5 Km, probablemente los accidentes más jóvenes de Titania ya que cortan cráteres e incluso las llanuras de suave relieve; el más destacado de los cañones es el denominado Messina Chasma, que corre a lo largo de 1500 Km desde el ecuador hasta casi el polo S, las regiones a lo largo de algunos escarpes y cerca del cráter Úrsula parecen de relieve suave a la resolución de las imágenes de la sonda Voyager-2, esas suaves planicies se formaron más tarde en la historia geológica de Titania, después de que se formaran la mayoría de los cráteres, el remodelado de la superficie puede haberse debido a procesos endógenos, incluyendo erupciones de material fluido del interior, criovulcanismo, o puede deberse al efecto de borrado que producen los materiales eyectados de un gran impacto cercano, posee una superficie poco craterizada, lo que significa que es mucho más reciente; los diámetros de los cráteres varían entre unos pocos Km hasta los 326 Km (cráter Gertrude) el mayor cráter conocido en la luna de Urano; algunos cráteres como Úrsula y Jessica están rodeados de rayos de eyección consistentes en hielo relativamente reciente, todos los cráteres tienen fondos planos y picos centrales, con la única excepción del cráter Úrsula que tiene un foso central, al O del cráter Gertrude existe un área de irregular topografía denominada Llanura Sin Nombre, probablemente es un cráter de impacto ya degradado con un diámetro de 330 Km.

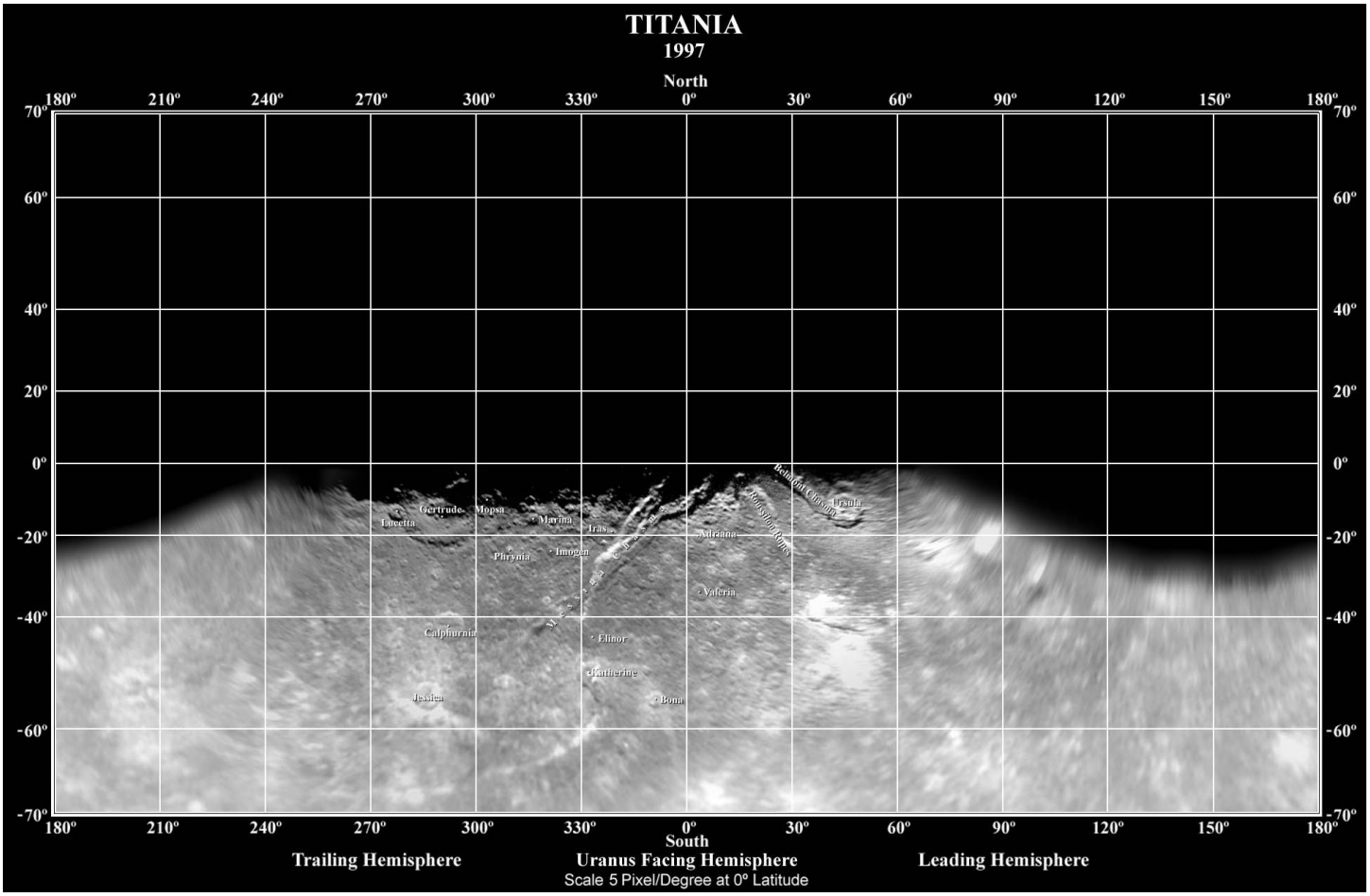
La geología de Titania estuvo influida por dos fuerzas antagónicas: la formación de cráteres de impacto y los procesos endógenos, la primera ha actuado durante toda la historia del satélite y abarco toda la superficie del satélite, los segundos también fueron globales en su alcance, pero sólo fueron activos durante un tiempo concreto después de su formación, estos procesos arrasaron el terreno original fuertemente craterizado, explicando el relativamente bajo número de cráteres presentes en la superficie de Titania hoy en día.

Episodios de remodelado superficial pudieron haber ocurrido posteriormente y ser responsables de la formación de las llanuras, las cuales pueden haberse formado también por los materiales eyectados en la formación de un cráter de impacto, los procesos endógenos más recientes fueron principalmente de naturaleza tectónica y causaron la formación de cañones que son gigantescas roturas de la capa de hielo superficial causadas por la expansión de Titania.

La presencia de dióxido de Carbono en la superficie sugiere que Titania puede tener una tenue atmósfera estacional de dióxido de Carbono (CO_2) y otros gases como Nitrógeno o metano es improbable que estén presentes porque la débil gravedad del satélite no puede evitar que escapen al espacio, datos de 2001 revelaron que no podría haber una atmósfera de más de entre 10 y 20 mbar, este límite superior es varias veces mayor que la máxima presión en superficie de dióxido de Carbono posible, lo que significa que las medidas no ponen restricciones a los parámetros de una posible atmósfera.

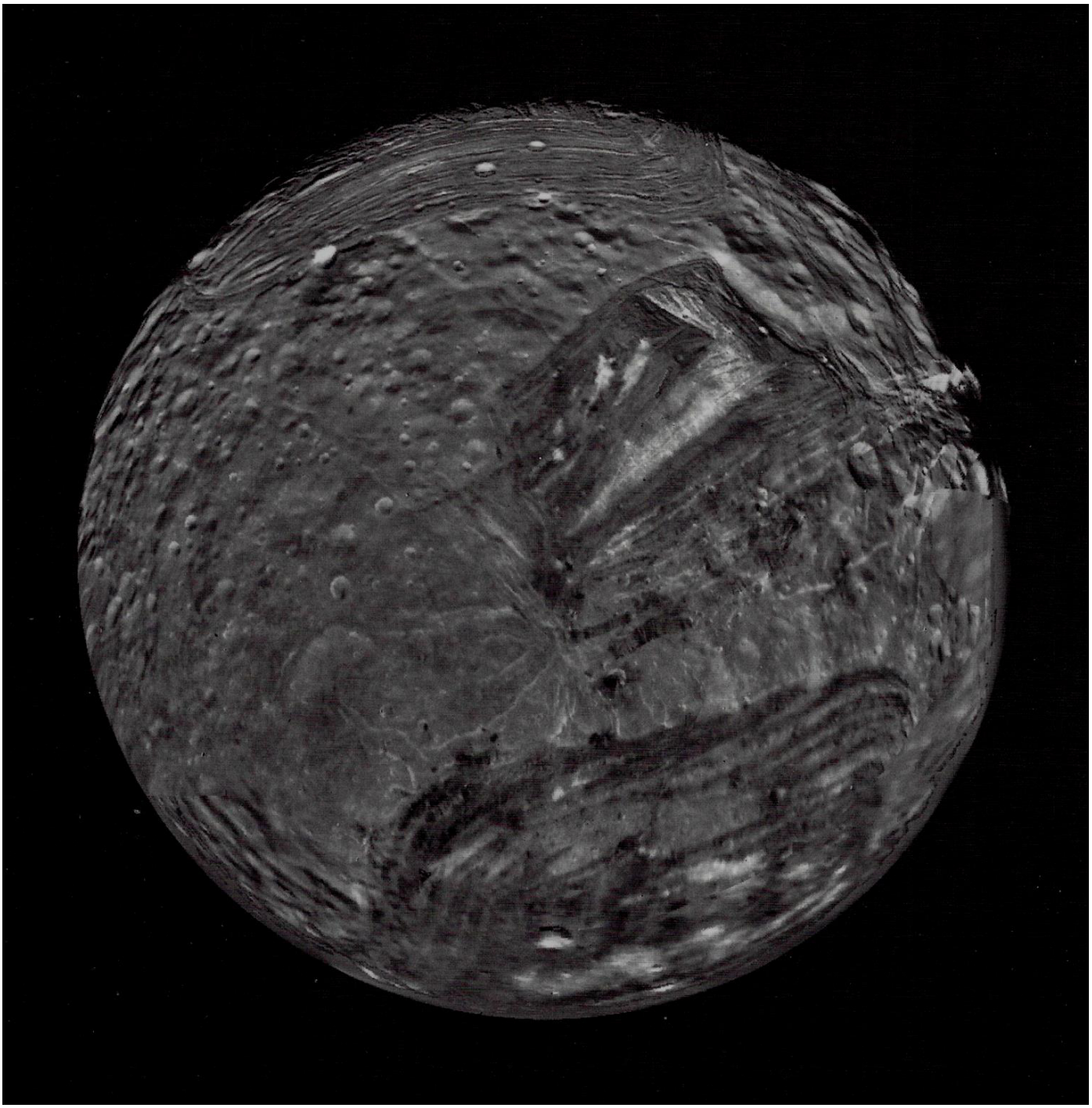
La peculiar geometría del sistema de Urano hace que los polos de los satélites reciban más energía solar que las regiones ecuatoriales, como la presión de vapor del CO_2 aumenta enormemente con la temperatura, significa que se puede acumular CO_2 en las latitudes bajas, donde puede existir de manera estable en zonas de albedo alto y regiones sombreadas de la superficie en forma de hielo, durante el verano (cuando las temperaturas polares alcanzan los -188/-183 °C, el CO_2 se sublima y migra al polo opuesto y a las regiones ecuatoriales, dando comienzo a un tipo de ciclo del carbono, el hielo de CO_2 acumulado puede ser eliminado por partículas magnetosféricas que erosionan la superficie, se cree que Titania ha perdido una significativa parte de su CO_2 inicial desde su formación hace 4600 millones de años.

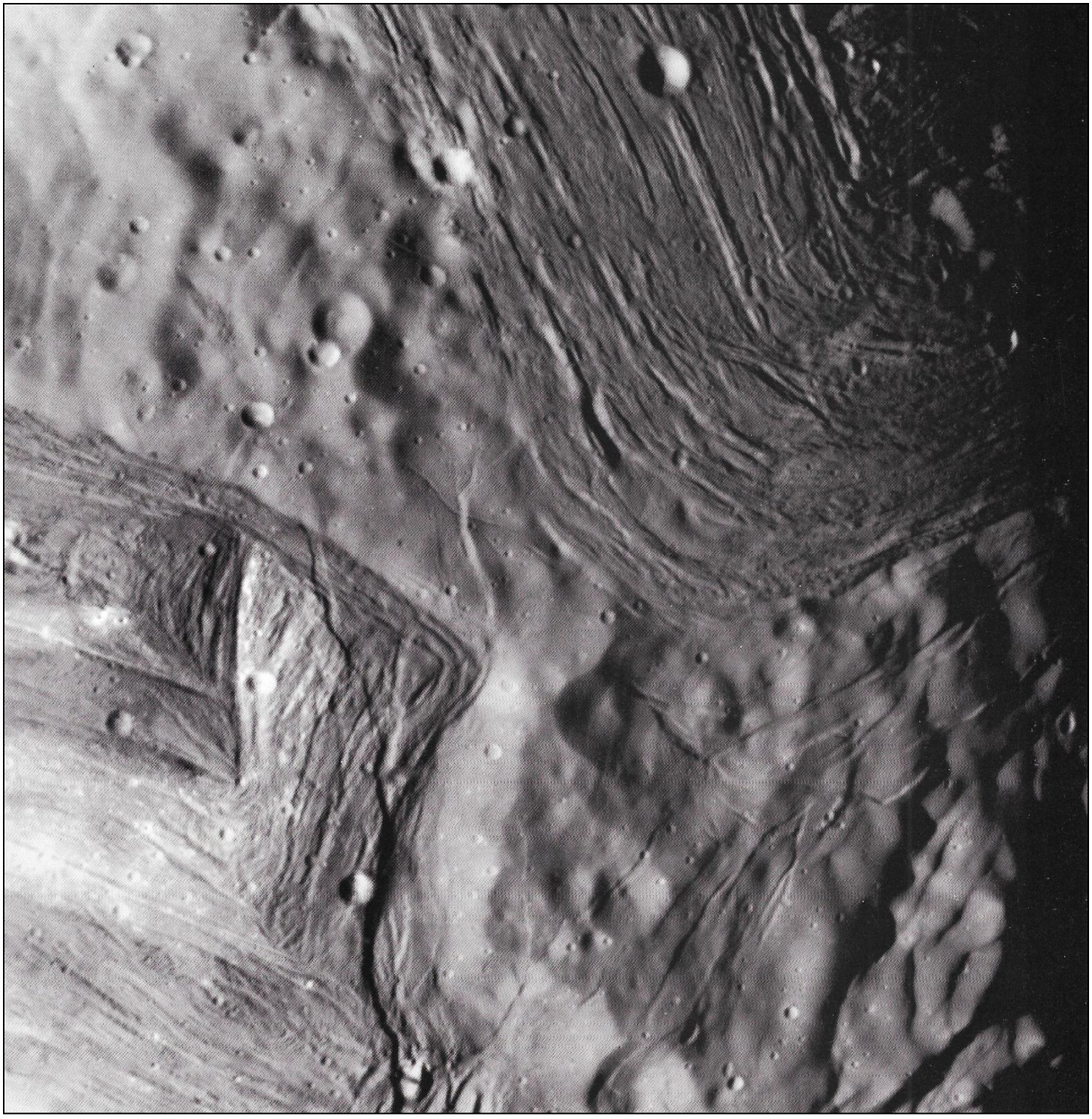

330°
30°
300°
60°
270°
90°
CHASMATA
MESSINA
ROUSILLON
CHASMA
BELMONT
RUPES
Ursula
Mopsa
Phrynia
Elinor
Katherine
Bona
Gertrude
Calpiurnia
Lucetta
Jessica
MESSINA CHASMATA


TITANIA
1997
North
180° 210° 240° 270° 300° 330° 0° 30° 60° 90° 120° 150° 180°
70° 60° 40° 20° 0° -20° -40° -60° -70°
Gertrude
Mopsa
Lucetta
Mariina
Iras
Phrynia
Imogen
Adrianna
Valeria
Elinor
Katherine
Bona
Calpiurnia
Jessica
Ursula
South
Trailing Hemisphere
Uranus Facing Hemisphere
Leading Hemisphere
Scale 5 Pixel/Degree at 0° Latitude

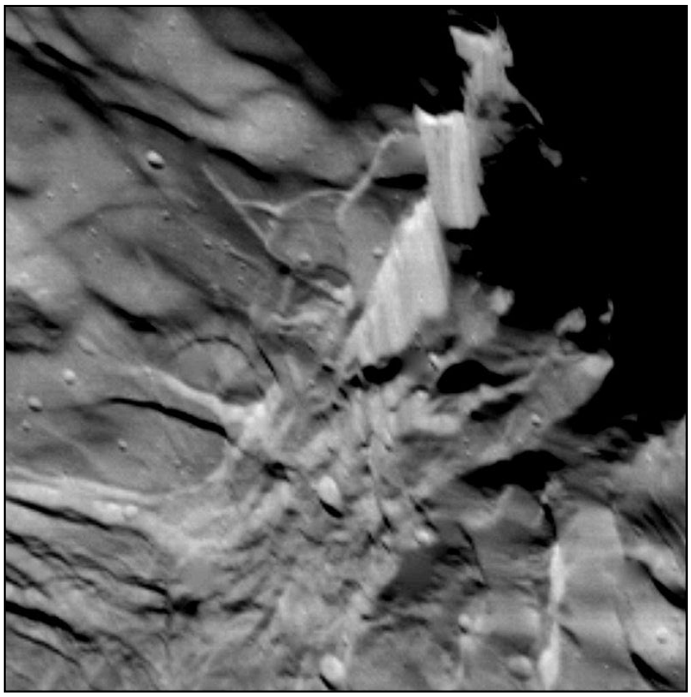
Miranda

Cuerpo cuasi esférico de 472 Km de diámetro, al parecer, el nacimiento del satélite fue extremadamente violento, a tenor de su extraña orografía, su superficie está formada en su mayoría por agua helada, estando su interior posiblemente formado por rocas silíceas y compuestos ricos en metano, geológicamente, Miranda ha sido el cuerpo más activo del Sistema Solar, la superficie, atravesada por grandes cañones de hasta 10 Km de profundidad con regiones de terreno resquebrajado que indican una muy intensa actividad geológica en el pasado, se cree que esta actividad geológica podría estar relacionada con efectos de marea producidos por Urano, pero, es más aceptada la teoría de que en el pasado Miranda sufrió un fuerte impacto que estuvo a punto de destruir el satélite.





Miranda probablemente se formó a partir de un disco de acreción que rodeó al planeta poco después de su formación y es probable que se diferencie con un núcleo interno de roca rodeado por un manto de hielo, tiene una de las topografías más extremas y variadas de cualquier objeto en el Sistema Solar, incluyendo Verona Rupes , una escarpa de 20 Km de altura que es el acantilado más alto del Sistema Solar, y tectónica de forma rectangular (característica denominada Corona) el origen y la evolución de esta variada geología que aún no se comprende, existen varias hipótesis con respecto a la evolución de Miranda.

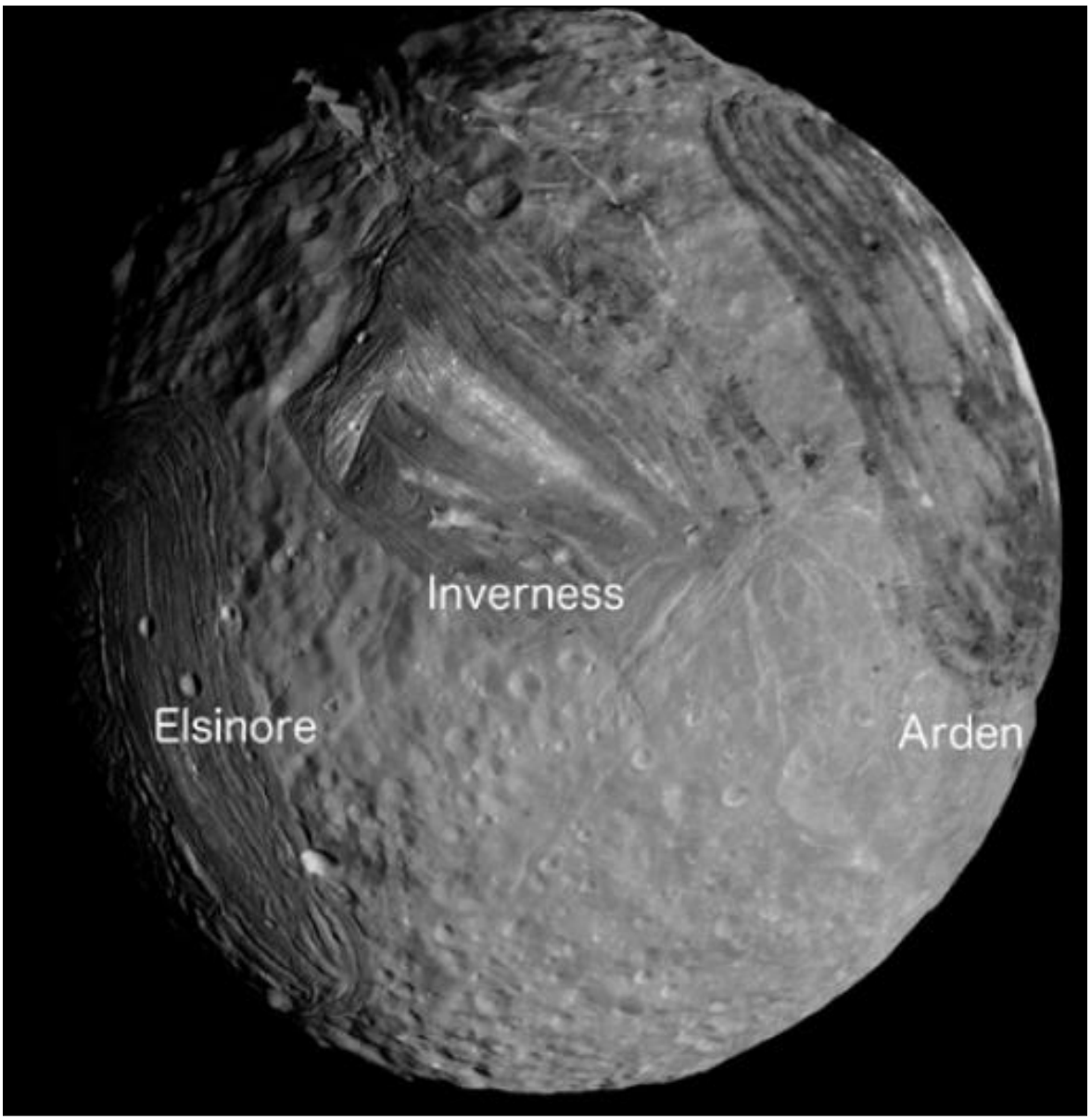


Debido a la orientación casi lateral de Urano, solo el hemisferio S de Miranda era visible para la Voyager-2 en su sobrevuelo, la superficie observada posee regiones de mosaico, lo que indica una intensa actividad geológica en el pasado de Miranda, y está atravesada por enormes cañones, que se cree que son el resultado de la tectónica extensional (cuando el agua líquida se congeló debajo de la superficie, se expandió, haciendo que la superficie del hielo se dividiera, creando zanjas, los cañones tienen cientos de Km de largo y decenas de Km de ancho, algunos de los terrenos de Miranda posiblemente tengan menos de 100 millones de años según los recuentos de cráteres, si bien el recuento de cráteres sugiere que la mayor parte de la superficie de Miranda es antigua, pocos de esos cráteres son particularmente grandes, lo que indica que la mayoría debe haberse formado después de un importante evento de repavimentación en su pasado lejano, los cráteres parecen tener bordes suavizados, que podrían ser el resultado de eyección o de criovulcanismo, la temperatura en el polo sur de Miranda es de aproximadamente -183 °C , una temperatura a la que el hielo de H_2O pura adopta las propiedades de la roca, además, el material criovolcánico responsable de la superficie es demasiado viscoso para haber sido H_2O líquida pura, pero demasiado fluido para haber sido H_2O sólida, se cree que es una mezcla viscosa, similar a la lava, de H_2O y amoniaco, que se congela a -97 °C o tal vez etanol.

El hemisferio observado de Miranda contiene tres estructuras (Coronas) acanaladas gigantes, cada una de al menos 200 Km de ancho y hasta 20 Km de profundidad, llamadas Arden, Elsinore e Inverness, esta última es más baja en altitud que el terreno circundante (aunque las cúpulas y las crestas son de elevación comparable), mientras que Elsinore es más alto, la relativa escasez de cráteres en sus superficies significa que se superponen al terreno con cráteres anteriores, una hipótesis temprana fue que Miranda, en algún momento en su pasado lejano (antes de cualquier impacto de los cráteres actuales) había sido completamente destrozado, tal vez por un impacto masivo, y luego ensamblado en una confusión aleatoria, el material del núcleo más pesado cayó a través de la corteza, y las Coronas se formaron cuando el H_2O se volvió a congelar, la hipótesis actual favorecida es que se formaron a través de procesos extensionales en la parte superior de los manantiales de hielo caliente desde el interior de Miranda, las coronas están rodeadas de anillos de fallas concéntricas con un recuento similar de bajo cráter, lo que sugiere que jugaron un papel en su formación, los anillos concéntricos se habrían formado cuando el hielo se alejara de la fuente de calor, las posiciones de todas las Coronae requieren un patrón de calentamiento de marea consistente con que Miranda sea sólida y carezca de un océano líquido interno, se cree a través del modelado por computadora que Miranda puede tener una corona adicional en el hemisferio que no fue visto en el sobrevuelo.

Con 1,2 g/cm^3, Miranda es el menos denso de los satélites de Urano, esa densidad sugiere una composición de más del 60% de hielo de H_2O, la superficie puede ser principalmente hielo de H_2O, aunque es mucho más rocosa, lo que indica que el calor de la desintegración radiactiva puede haber llevado a una diferenciación interna, permitiendo que la roca de silicato y los compuestos orgánicos se asienten en su interior, el satélite es demasiado pequeño para que se haya retenido el calor interno durante la era del Sistema Solar, cómo un cuerpo tan pequeño como Miranda podría tener suficiente energía interna para producir la cantidad de características geológicas que se ven en su superficie no se establece con certeza, aunque la hipótesis actualmente favorecida es que fue impulsado por el calentamiento de las mareas durante un tiempo pasado cuando fue en resonancia orbital 3:1 con Umbriel, la resonancia habría aumentado la excentricidad orbital de Miranda a 0.1, y generado fricción de las mareas debido a la variación las fuerzas de marea de Urano, cuando Miranda se acercó a Urano, la fuerza de las mareas aumentó; a medida que se retiraba, la fuerza de las mareas disminuía, provocando flexiones que habrían calentado el interior del satélite, lo suficiente como para provocar el derretimiento, el período de flexión de las mareas podría haber durado hasta 100 millones de años.

Prácticamente toda la información conocida sobre su geología y geografía se obtuvo durante el sobrevuelo de Urano realizado por la Voyager 2 el 25-01-1986, la aproximación más cercana fue de 29000 Km.



Ariel

La densidad de Ariel es 1.66 g/cm^3, lo que indica que consta de partes de hielo de H_2O aproximadamente iguales y un componente de roca y material carbonoso (incluido compuestos orgánicos pesados conocidos como tolinas) la presencia de hielo de H_2O está respaldada por observaciones espectroscópicas IR, que han revelado cristales de hielo de H_2O en su superficie, que es porosa y por lo tanto transmite poco calor solar a las capas inferiores, las bandas de absorción de hielo de H_2O son más fuertes en el hemisferio principal, que en el hemisferio posterior, se desconoce la causa de esta asimetría, pero puede estar relacionada con el bombardeo de partículas cargadas de la magnetosfera de Urano, que es más fuerte en el hemisferio posterior por la corrotación del plasma las partículas energéticas pulverizan el hielo de H_2O, descompone metano atrapado en hielo como hidrato de clatrato y oscurece compuestos orgánicos, dejando un residuo oscuro y rico en Carbono.

Excepto por el H_2O, el único otro compuesto identificado en la superficie de Ariel por espectroscopia IR es el CO_2, que se concentra principalmente en su hemisferio posterior, el origen del CO_2 no está completamente claro, puede producirse localmente a partir de carbonatos o materiales orgánicos bajo la influencia de las partículas energéticas cargadas que provienen de la magnetosfera de Urano o la radiación UV solar, esta hipótesis explicaría la asimetría en su distribución, ya que el hemisferio posterior está sujeto a una influencia magnetosférica más intensa que el hemisferio principal, otra fuente posible es la desgasificación del CO_2 atrapado por el hielo de H_2O en el interior de Ariel, el escape de CO_2 desde el interior puede estar relacionado con la actividad geológica pasada en el satélite natural.

Por su tamaño, composición de roca/hielo y la posible presencia de sal o amoníaco en solución para reducir el punto de congelación del H_2O, su interior puede diferenciarse en un núcleo rocoso rodeado por un manto helado, el estado actual del manto helado no está claro, aunque algunos consideran que la existencia de un océano subsuperficial es poco probable, pero posible por otros.

Las características principales de la superficie son cráteres de impacto, cañones, escarpas de fallas, crestas y canales terreno lleno de cráteres compuesto por una superficie ondulada cubierta por numerosos cráteres de impacto y centrada en el polo S de Ariel, es la zona más antigua y geográficamente más extensa; está intersectada por una red de escarpas, cañones y crestas estrechas que se producen principalmente en el S de la luna, los cañones tienen entre 15 y 50 Km de ancho y su tendencia es principalmente en dirección E o NE, los pisos de muchos cañones son convexos; elevándose por 1 o 2 Km, algunos de los pisos están separados de las paredes de los cañones por surcos de aproximadamente 1 Km de ancho, los más anchos tienen surcos a lo largo de las crestas de sus pisos convexos, que se llaman valles, el cañón más largo es Kachina Chasma, con más de 620 Km de longitud.

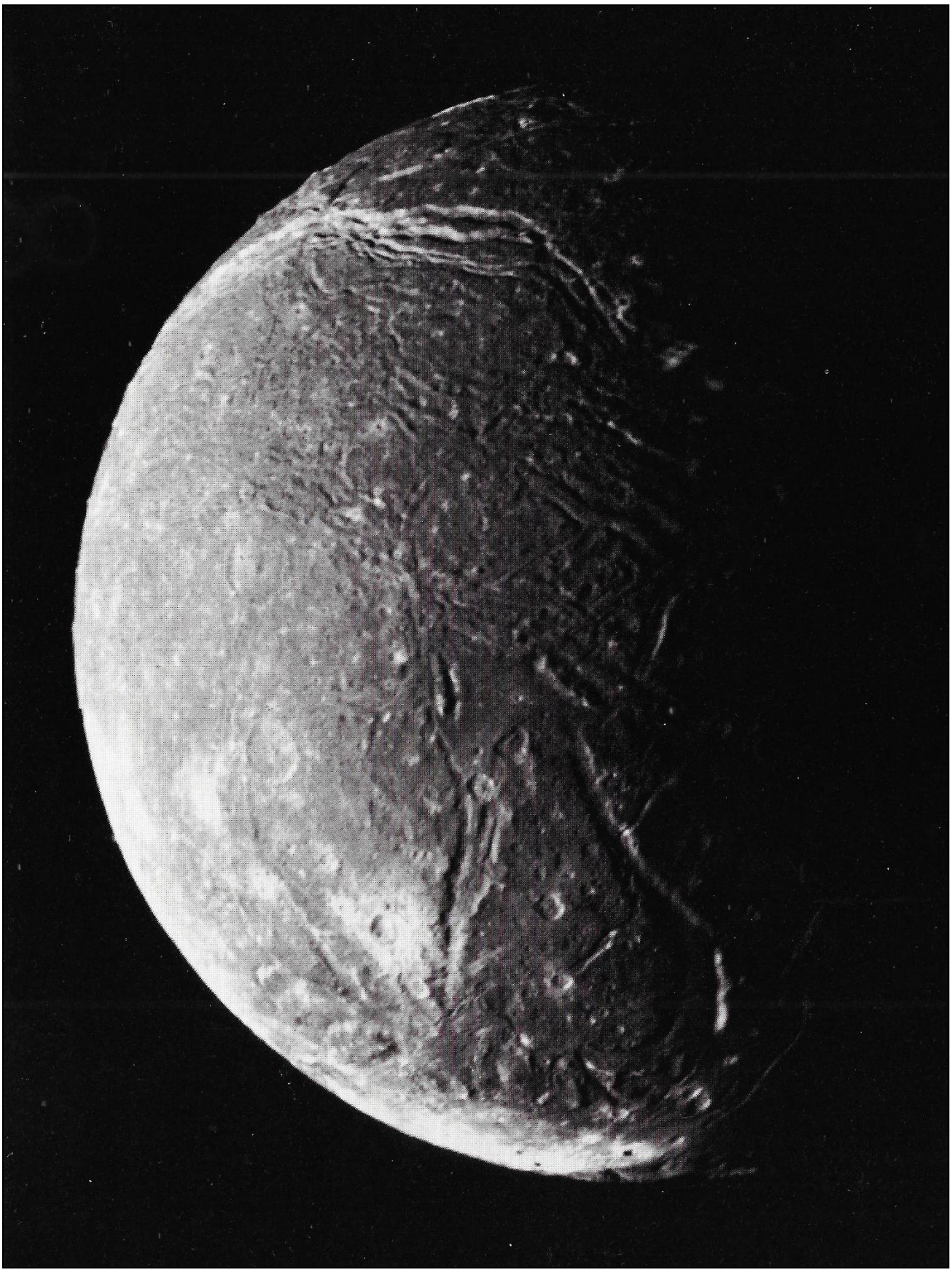
El segundo tipo de terreno principal es ondulado; bandas de crestas y canales de varios Km de extensión, limita el terreno lleno de cráteres y lo corta en polígonos, dentro de cada banda (que pueden tener hasta 25/70 Km de ancho) hay crestas y canales individuales de hasta 200 Km de largo y entre 10/35 Km de distancia, las bandas de terreno surcado a menudo forman continuaciones de cañones, lo que sugiere que pueden ser una forma modificada o el resultado de una reacción diferente de la corteza a las mismas tensiones extensionales, como la falla frágil.

El terreno más joven son las llanuras, áreas lisas relativamente bajas que deben haberse formado durante un largo período de tiempo, a juzgar por sus niveles variables de formación de cráteres, las llanuras se encuentran en los pisos de los cañones y en algunas depresiones irregulares en el medio del terreno lleno de cráteres, en el último caso, están separados del terreno lleno de cráteres por límites afilados, que en algunos casos tienen un patrón lobulado, el origen más probable para las llanuras es a través de procesos volcánicos; su geometría de ventilación lineal, que se asemeja a los volcanes del escudo terrestre, y distintos márgenes topográficos sugieren que el líquido erupcionado era muy viscoso, posiblemente una solución de H_2O/amoníaco sobreenfriada, con posibilidad de vulcanismo de hielo sólido, el grosor de estos flujos hipotéticos de criolava se estima en 1-3 Km, por lo que se cree los cañones deben haberse formado en un momento en que todavía se estaba produciendo un resurgimiento endógeno.

Algunas de estas áreas parecen tener menos de 100 millones de años, lo que sugiere que Ariel todavía puede ser geológicamente activo a pesar de su tamaño relativamente pequeño y la falta de calentamiento de las mareas, su relativa escasez de grandes cráteres sugiere que su superficie no data de la formación del Sistema Solar, lo que significa que debe haber sido completamente resurgido en algún momento de su historia, se cree que la actividad geológica pasada de Ariel fue impulsada por el calentamiento de las mareas en un momento en que su órbita era más excéntrica que la actual, el cráter Yangoor , tiene 78 Km de ancho y muestra signos de deformación posterior

Todos los cráteres grandes en Ariel tienen pisos planos y picos centrales, y pocos de los cráteres están rodeados de depósitos de eyección brillantes, muchos cráteres son poligonales, lo que indica que su apariencia fue influenciada por la estructura de la corteza preexistente, en las llanuras con cráteres existen algunos parches claros grandes (de aproximadamente 100 Km de diámetro) que pueden ser cráteres de impacto degradados, se ha sugerido que una depresión circular de 245 Km de diámetro ubicada a los 10° S, 30° E es una estructura de impacto grande y altamente degradada.

Se cree que Ariel se formó a partir de un disco de acreción de gas y polvo que existió alrededor de Urano durante algún tiempo después de su formación o creado por el impacto gigante que probablemente le dio a Urano su gran oblicuidad, la composición precisa no se conoce; sin embargo, la mayor densidad de las lunas de Urano, indica que puede haber sido relativamente pobre en H_2O, cantidades significativas de Carbono y Nitrógeno pudieron haber estado presentes en forma de monóxido de Carbono y Nitrógeno molecular (N_2) en lugar de metano y amoníaco, las lunas que se formaron en tales esta nube contendrían menos hielo de H_2O (con CO y N_2 atrapados como clatrato) y más roca, explicando la mayor densidad.

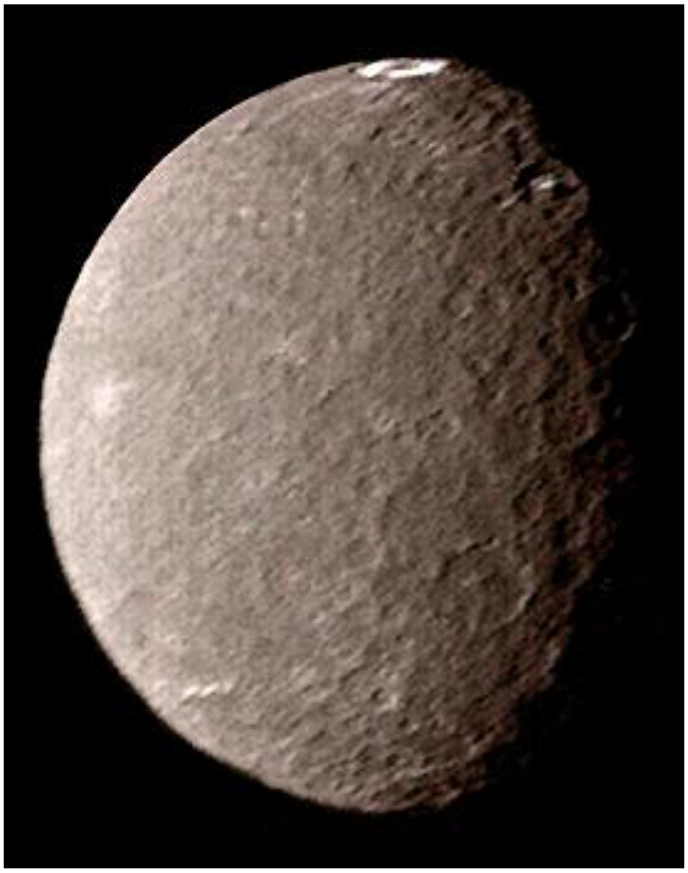


Umbriel

Umbriel puede diferenciarse en un núcleo rocoso rodeado por un manto helado, si este es el caso, el radio del núcleo (317 Km) es aproximadamente el 54% del radio de la luna, y su masa es alrededor del 40% de la masa total del satélite; los parámetros están dictados por la composición de la luna, el estado actual del manto helado no está claro, aunque la existencia de un océano subsuperficial se considera poco probable.

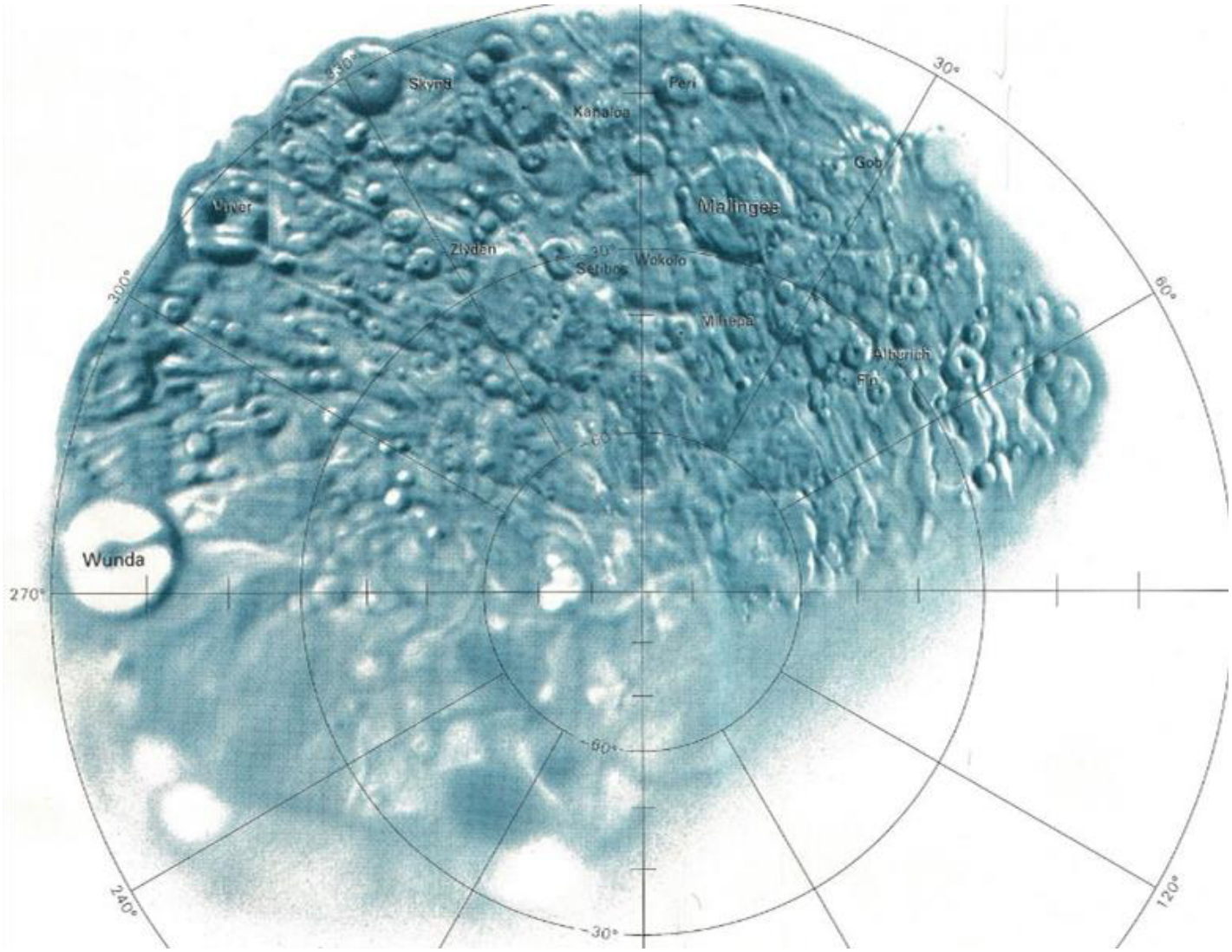
La densidad de Umbriel es de 1.39 g/cm^3, se compone principalmente de H_2O, con un componente denso de no hielo que constituye alrededor del 40% de su masa (este último podría estar hecho de roca y material carbonoso, incluido compuestos orgánicos pesados conocidos como tolinas) la presencia de H_2O la respaldan las observaciones espectroscópicas IR, que han revelado hielo de H_2O cristalina en su superficie, las bandas de absorción de hielo de H_2O son más fuertes en el hemisferio principal de Umbriel que en el hemisferio posterior, se desconoce la causa de esta asimetría, pero puede estar relacionada con el bombardeo de partículas cargadas de la magnetosfera de Urano , que es más fuerte en el hemisferio posterior (debido a la corrotación del plasma) las partículas energéticas tienden a pulverizar hielo de H_2O, descomponer el metano atrapado en hielo como hidrato de clatrato y oscurecer otros compuestos orgánicos, dejando un residuo oscuro y rico en Carbono.

Excepto por el H_2O, el único otro compuesto identificado en la superficie de Umbriel por la espectroscopia IR es el dióxido de Carbono que se concentra principalmente en el hemisferio posterior, el origen del dióxido de Carbono no está completamente claro, puede producirse localmente a partir de carbonatos o materiales orgánicos bajo la influencia de las partículas cargadas de energía provenientes de la magnetosfera de Urano o de la radiación solar UV (esta hipótesis explicaría la asimetría en su distribución, ya que el hemisferio posterior está sujeto a una influencia magnetosférica más intensa que el hemisferio principal, otra posible fuente es la desgasificación del CO_2 primordial atrapados por hielo de agua en el interior de Umbriel, el escape de CO_2 del interior puede ser el resultado de una actividad geológica pasada.



La superficie de Umbriel es la más oscura de las lunas de Urano, la superficie es de color ligeramente azul, mientras que los depósitos de impacto mas jóvenes y brillantes (cráter Wunda) son aún más azules, pero existen zonas de color rojizo, probablemente se deba al bombardeo de partículas cargadas y micrometeoritos, o causada por la acumulación de un material rojizo proveniente de partes externas del sistema uraniano, posiblemente, de satélites irregulares , que ocurrirían predominantemente en el hemisferio principal, su superficie es relativamente homogénea; no muestra una fuerte variación ni en el albedo ni en el color.

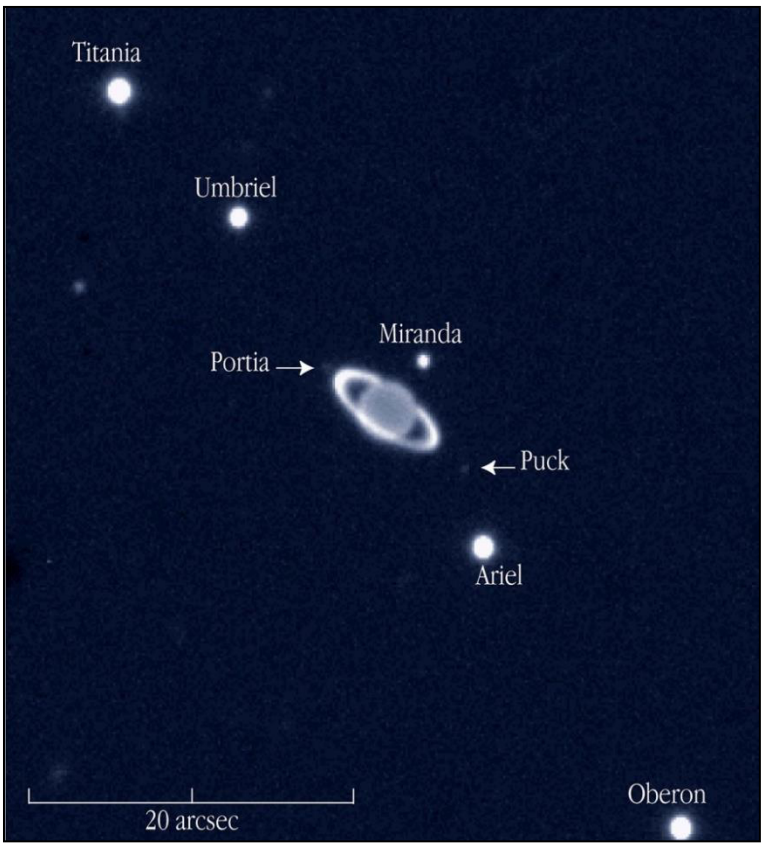
La superficie de Umbriel posee cráteres y muestra una menor actividad geológica con respecto a las otras lunas, los diámetros de cráteres observados varían desde unos pocos Km en el extremo inferior hasta 210 Km para el cráter Wokolo (todos los cráteres reconocidos en Umbriel tienen picos centrales, pero ninguno tiene rayos), cercano al ecuador se encuentra la característica de superficie más prominente: el cráter Wunda, que tiene un diámetro de aproximadamente 131 Km, este posee un gran anillo de material brillante en su piso, probablemente un depósito de impacto o un depósito de hielo de dióxido de carbono, visto a lo largo del terminador, se encuentran los cráteres Vuver y Skynd, que carecen de bordes brillantes pero poseen picos centrales brillantes, estudios de los perfiles de las extremidades de Umbriel reveló una posible característica de impacto muy grande que tiene un diámetro de 400 Km y una profundidad de aproximadamente 5 Km.



La superficie está cortada por un sistema de cañones con tendencia N-O/S-O, no se reconocen oficialmente debido a la baja resolución de imagen, lo que dificulta el mapeo geológico, la superficie fuertemente craterizada de Umbriel probablemente ha sido estable desde el bombardeo pesado tardío, los únicos signos de la antigua actividad interna son los cañones y los polígonos oscuros (parches oscuros con formas complejas que miden desde decenas hasta cientos de Km de diámetro) se identificaron a partir de una fotometría precisa de las imágenes de la sonda Voyager 2 y se distribuyen de manera más o menos uniforme en la superficie con tendencia N-E/S-E, algunos polígonos corresponde a depresiones de unos pocos Km de profundidad y pueden haberse creado durante un episodio temprano de actividad tectónica, actualmente no hay explicación de por qué Umbriel es tan oscuro y uniforme en apariencia, su superficie esta cubierta por una capa relativamente delgada de material oscuro (llamado material umbral) excavado por un impacto o expulsado en una erupción volcánica, alternativamente, la corteza de Umbriel puede estar completamente compuesta por el material oscuro, lo que evitó la formación de rasgos brillantes como los rayos de los cráteres, a excepción de la característica brillante dentro del cráter Wunda.

Se cree que Umbriel se formó a partir de un disco de acreción o subnébula (disco de gas y polvo que existió alrededor de Urano durante algún tiempo después de su formación o fue creado por el impacto gigante que probablemente le dio a Urano su gran oblicuidad) la composición precisa de la subnebula no se conoce; pero se cree puede haber sido relativamente pobre en H_2O, cantidades significativas de Nitrógeno y Carbono pueden haber estado presentes en forma de monóxido de Carbono (CO) y Nitrógeno molecular (N_2) en lugar de amoníaco y metano.

La acumulación de Umbriel probablemente duró varios miles de años, los impactos que acompañaron la acumulación causaron el calentamiento de la capa externa de la luna, la temperatura máxima de alrededor de -93 °C se alcanzó a una profundidad de aproximadamente 3 Km, luego del final de la formación, la capa subsuperficial se enfrió, mientras que el interior se calentó debido a la descomposición de los elementos radiactivos presentes en sus rocas, la capa de enfriamiento cerca de la superficie se contrajo, mientras que el interior se expandió (esto causó fuertes tensiones extensionales en la corteza, lo que pudo haber provocado grietas) este proceso probablemente duró unos 200 millones de años, lo que implica que cualquier actividad endógena cesó hace miles de millones de años.



Oberón

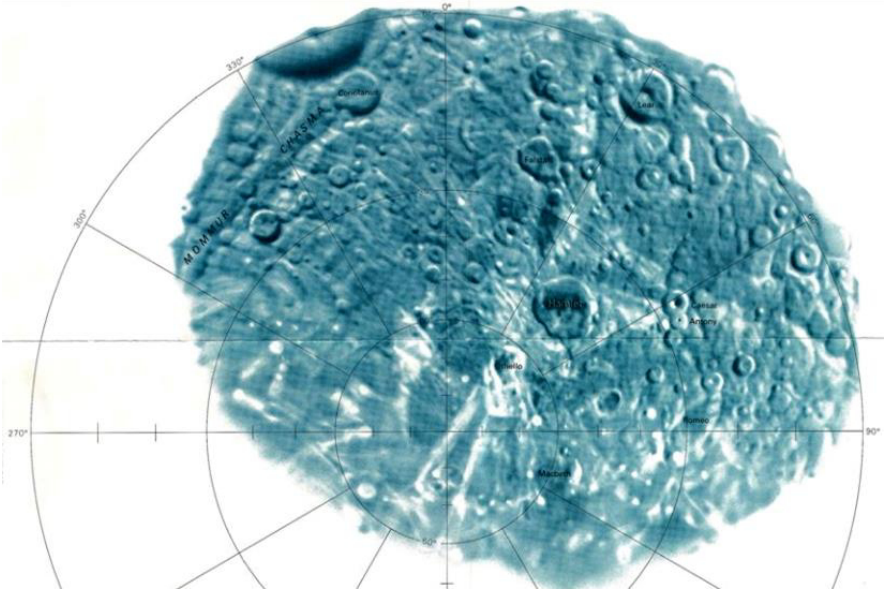
Este satélite orbita a Urano a una distancia de unos 584000 Km, siendo el más alejado del planeta entre sus cinco lunas principales, la órbita de Oberón tiene una pequeña excentricidad e inclinación orbitales en relación con el ecuador de Urano, su período orbital es de alrededor de 13,5 días, coincidiendo con su período de rotación; es un satélite sincrónico, bloqueado por mareas, con una cara siempre apuntando hacia el planeta, una parte significativa de su órbita está fuera de la magnetosfera de Urano, como resultado, su superficie es golpeada directamente por el viento solar, este bombardeo puede conducir al oscurecimiento de los hemisferios, lo que en realidad se observa para todas las lunas de Urano, excepto Oberón.

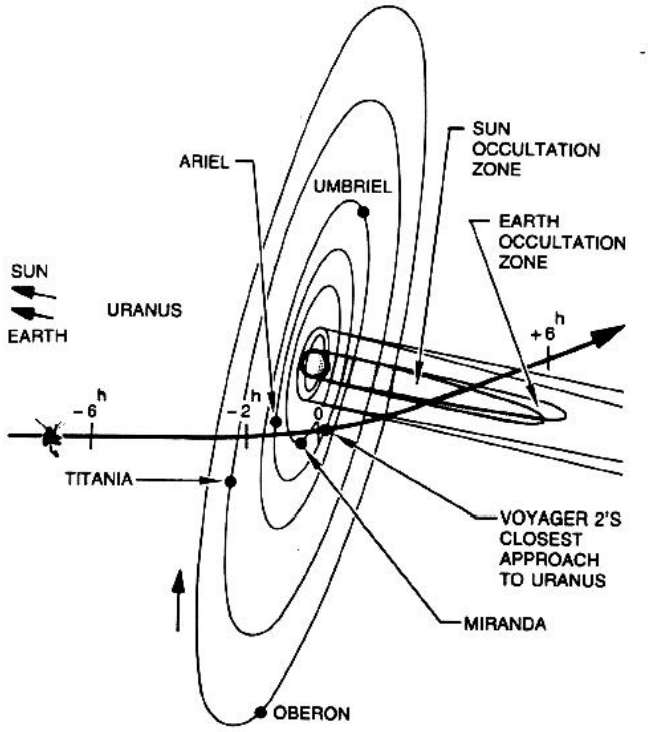
La densidad de Oberón es de 1.63 g/cm³, indica que consiste en proporciones aproximadamente iguales de hielo de H_2O y un componente denso que podría estar hecho de roca y material carbonoso, incluido compuestos orgánicos pesados, la presencia de hielo de H_2O es apoyada por observaciones espectroscópicas que han revelado cristales de hielo de H_2O en su superficie, las bandas de absorción de hielo de H_2O son más fuertes en el hemisferio posterior de Oberón que en el hemisferio principal, se desconoce la causa de esta asimetría, pero puede estar relacionada con la creación de suelo mediante impactos, que es más fuerte en el hemisferio principal, los impactos de meteoritos tienden a eliminar el hielo de la superficie, dejando atrás un material oscuro sin hielo, el material oscuro en sí mismo puede haberse formado como resultado del procesamiento por radiación del metano u oscurecimiento de la radiación de otros compuestos orgánicos.

Su superficie es generalmente de color rojo (a excepción de los depósitos de impacto jóvenes que son neutros o ligeramente azules), sus hemisferios principales y posteriores son asimétricos, este último siendo mucho más rojo, el enrojecimiento de las superficies a menudo es el resultado de la meteorización espacial causada por el bombardeo de la superficie por partículas cargadas y micrometeoritos, los científicos han reconocido dos clases de características geológicas, cráteres y depresiones profundas, alargadas y empinadas que se describirían como valles o escarpes en la Tierra) la superficie está llena de cráteres, con una densidad que se aproxima a la saturación, cuando la formación de nuevos cráteres se equilibra con la destrucción de los antiguos, este alto número de cráteres indica que Oberón tiene la superficie más antigua entre las lunas de Urano, los diámetros de los cráteres varían hasta llegar a 206 Km para el cráter Hamlet, muchos cráteres grandes están rodeados por eyecciones (rayos) de impacto brillante que consisten en hielo, los cráteres Hamlet, Othello y Macbeth, tienen pisos hechos de un material muy oscuro depositado después de su formación, se observó un pico con una altura de aproximadamente 11 Km en algunas de las imágenes enviadas por la sonda Voyager 2 cerca de la extremidad S-E de Oberón, que puede ser el pico central de una gran cuenca de impacto con un diámetro de aproximadamente 375 Km, la superficie está cruzada por un sistema de cañones, los lados de los cañones son probablemente escarpas producidas por fallas normales que pueden ser viejas o jóvenes, estas últimas atraviesan los depósitos brillantes de algunos cráteres grandes, lo que indica que se formaron más tarde, el cañón más prominente es Mommur Chasma.

La geología estuvo influenciada por dos fuerzas en competencia la formación de cráteres de impacto (principal responsable de su aspecto actual) y la renovación endógena, los últimos procesos estuvieron activos durante un período posterior a la formación de la luna, los procesos endógenos fueron principalmente de naturaleza tectónica y condujeron a la formación de los cañones borrando partes de la superficie más antigua, el agrietamiento de la corteza fue causado por la expansión en aproximadamente un 0,5%, que ocurrió en dos fases correspondientes a los cañones viejos y jóvenes, se desconoce la naturaleza de las zonas oscuras, que están principalmente en el hemisferio principal y en los cráteres internos, algunos científicos plantearon la hipótesis de que son de origen criovolcánico (similar a los mares lunares) otros piensan que los impactos excavaron material oscuro enterrado bajo la corteza de hielo.

Como Urano orbita alrededor del Sol casi de costado y sus satélites orbitan en el plano ecuatorial del planeta, ellos están sujetos a un ciclo estacional extremo, los polos N y S pasan 42 años en una oscuridad completa y otros 42 años bajo la luz solar, con el Sol saliendo cerca del cenit sobre uno de los polos en cada solsticio, el sobrevuelo de la sonda Voyager 2 coincidió con el solsticio de verano de 1986 del hemisferio S, cuando casi todo el hemisferio N estaba en la oscuridad, una vez cada 42 años, cuando Urano tiene un equinoccio y su plano ecuatorial se cruza con la Tierra, las ocultaciones mutuas de las lunas se hacen posibles, uno de esos eventos, que duró aproximadamente 6 minutos, se observó el 4-05-2007, cuando Oberón ocultó a Umbriel.

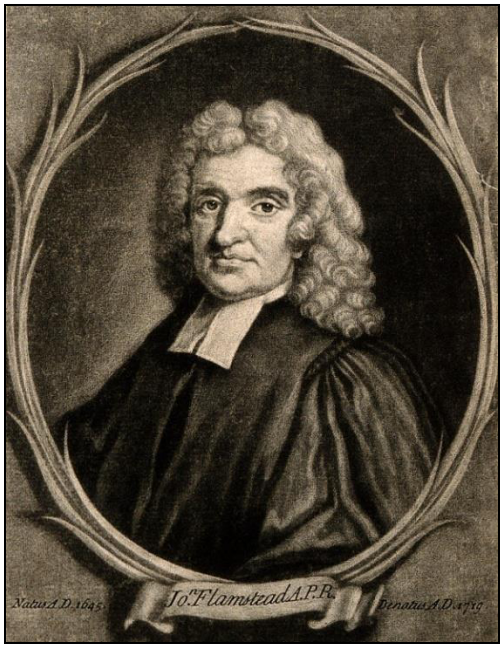




	Ancho anillo (km)	Radio (km)	Distancia orbital (km)
URANUS		25,600	
1986U2R	2,500		38,500
RING 6	1 to 3		41,837
RING 5	2 to 3		42,235
RING 4	2 to 3		42,571
alpha ring	7 to 12		44,718
beta ring	7 to 12		45,661
eta ring	0 to 2		47,176
gamma ring	1 to 4		47,627
delta ring	3 to 9		48,299
Cordelia		~20	49,752
1986U1R	1 to 2		50,024
epsilon ring	22 to 93		51,149
Ophelia		~25	53,764
Bianca		~25	59,165
Juliet		~30	61,767
Desdemona		~30	62,658
Rosalind		~40	64,358
Portia		~40	66,097
Cressida		~30	69,927
Belinda		~30	75,255
Puck		~85	86,004
Miranda		236	129,850
Ariel		579	190,950
Umbriel		586	266,010
Titania		790	436,340
Oberon		762	583,510

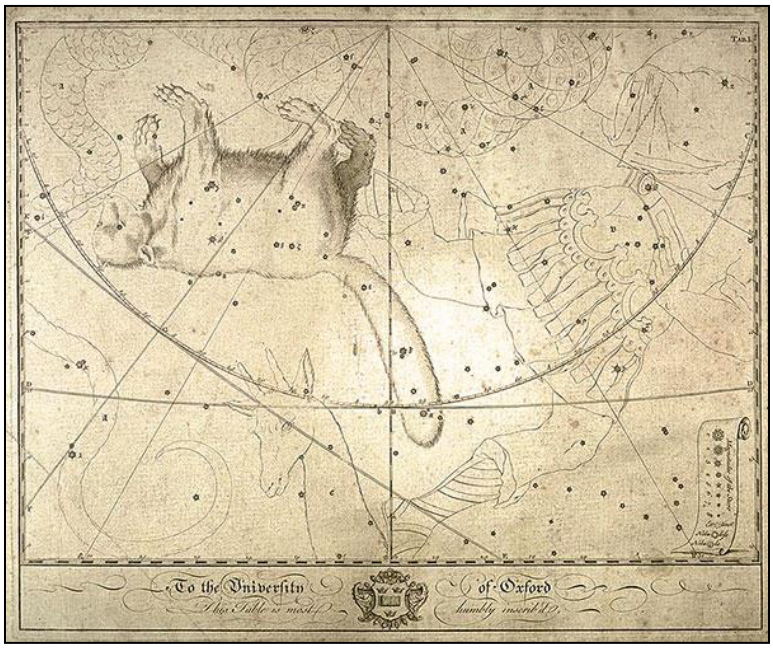
Descubrimiento

Urano ya se había observado en muchas ocasiones antes de su descubrimiento como planeta, pero generalmente se lo había confundido con una estrella debido a su oscuridad y órbita lenta, la observación más antigua de la que se tiene referencia data de 1690 cuando John Flamsteed observó el planeta al menos seis veces, catalogándolo como 34 Tauri, el astrónomo francés Pierre Charles Le Monnier, observó a Urano al menos en doce ocasiones entre 1750 y 1769, e incluso en cuatro noches consecutivas, para el año 1738 el astrónomo inglés John Bevis dibujó al planeta Urano como tres estrellas en posiciones sucesivas, en su atlas Uranographia Britannica, dichas observaciones fueron hechas entre los meses de mayo y julio de 1738, sin embargo Bevis no detectó los rasgos de planeta, a raíz de las distintas observaciones hechas a estas fechas se les conoce en la astronomía como la era de los predescubrimientos.



John Flamsteed

Charles Le Monnier

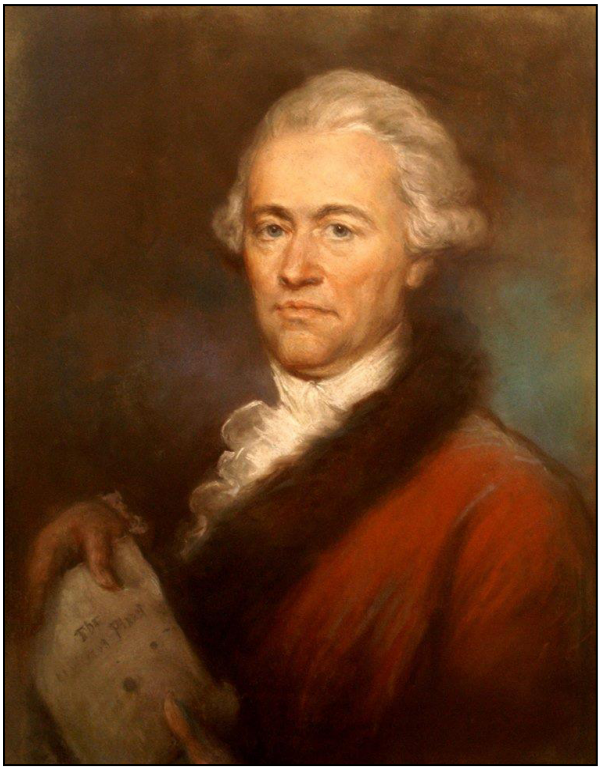


Página de Uranographia Britannica (John Bevis)

William Herschel observó el planeta el 13-03-1781 en el pueblo de Bath, Inglaterra, aunque en un principio (26-04-1781) reportó que se trataba de un cometa, escribiendo en su diario "-En el cuartil cerca de Zeta Tauri o bien una estrella nebulosa o quizá un cometa-", luego escribió, "-busqué el cometa o estrella nebulosa y he descubierto que es un cometa puesto que ha cambiado de lugar-", cuando presentó su descubrimiento en la Royal Society, continuó afirmando que había descubierto un cometa a la vez que lo comparaba implícitamente con un planeta, Herschel notificó su descubrimiento a Nevil Maskelyne que, desconcertado, le respondió que no sabría cómo llamarlo, era igual de posible que sea un planeta regular moviéndose en una órbita casi circular alrededor del Sol como un cometa moviéndose en una elipsis muy excéntrica y que todavía no le había visto ninguna cola.

Mientras que Herschel continuaba describiendo prudentemente su nuevo objeto como cometa, otros astrónomos ya habían empezado a sospechar que no lo era, el astrónomo ruso Anders Lexell estimó que su distancia era 18 veces la distancia entre el Sol y la Tierra, y no se había observado ningún cometa con un perihelio que llegara a cuatro veces la distancia Sol-Tierra, el astrónomo berlinés Johann Bode describió el descubrimiento de Herschel como una estrella móvil que podría ser un objeto parecido a un planeta desconocido, que circulaba más allá de la órbita de Saturno, Bode concluyó que su órbita prácticamente circular era más propia de un planeta que de un cometa.

Pronto se aceptó universalmente la idea de que el nuevo objeto era en sí un nuevo planeta, en 1783, el mismo Herschel reconoció este hecho al presidente de la Royal Society, que según la observación de los astrónomos más eminentes de Europa parecía que la nueva estrella, que el había tenido el honor de señalarles en 1781, era un planeta primario de nuestro Sistema Solar, en reconocimiento a su contribución, el rey Jorge III concedió a Herschel una renta anual a condición de que se trasladara a Windsor para que la familia real tuviese la posibilidad de ver el planeta a través de sus telescopios, Nevil Maskelyne pidió a Herschel que hiciera el favor a toda la comunidad astronómica de ponerle un nombre a su planeta descubierto, en respuesta a la petición, Herschel decidió nombrar el objeto "Georgium Sidus" (Estrella de Jorge) en honor a su nuevo patrocinador, el rey Jorge III.



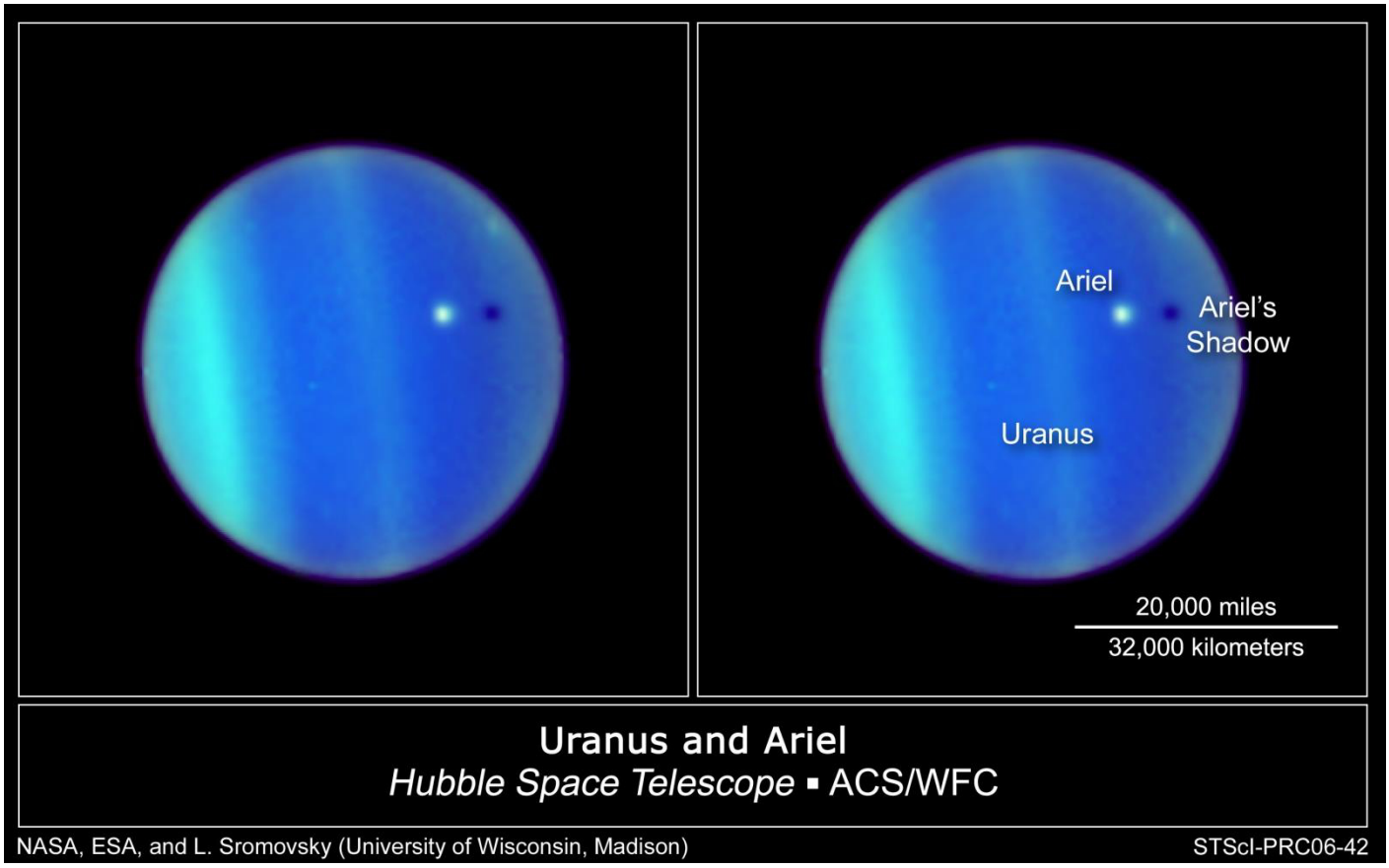
William Herschel

Jorge III

Sin embargo, el nombre no perduró más allá de Inglaterra, Lalande (astrónomo francés) propuso llamarlo Herschel en honor a su descubridor; Erik Prosperin (astrónomo sueco) por su parte, propuso el nombre de Neptuno para el nuevo planeta descubierto, algo que secundaron muchos de sus colegas con la idea de conmemorar a la Marina Real Británica en el curso de la revolución estadounidense llamando al nuevo planeta Neptuno Jorge III o Neptuno de Gran Bretaña, finalmente fue el astrónomo Johann Bode quien optó por la versión latinizada del dios del cielo de la mitología griega Urano, aduciendo que ya que Saturno era el padre de Júpiter, lo más lógico era que el nuevo planeta tomara nombre a su vez del padre de Saturno, sin embargo, el Nautical Almanac siguió listándolo como Georgium Sidus hasta el año 1850.

En 1986, la misión Voyager 2 visitó Urano, siendo la única misión que investigó el planeta desde una distancia corta, hizo su aproximación más cercana a Urano el 24-01-1986 a 81500 Km de las nubes más exteriores, estudió la estructura y la composición química de su atmósfera, descubrió 10 nuevos satélites y también estudió el clima del planeta, provocado por su inclinación del eje de 97.77°, hizo la primera investigación detallada de sus cinco lunas más grandes y estudió los nueve anillos conocidos del sistema (descubriendo dos nuevos) también estudió el campo magnético, su estructura irregular, su inclinación y su particular cola de la magnetosfera en forma de tirabuzón.

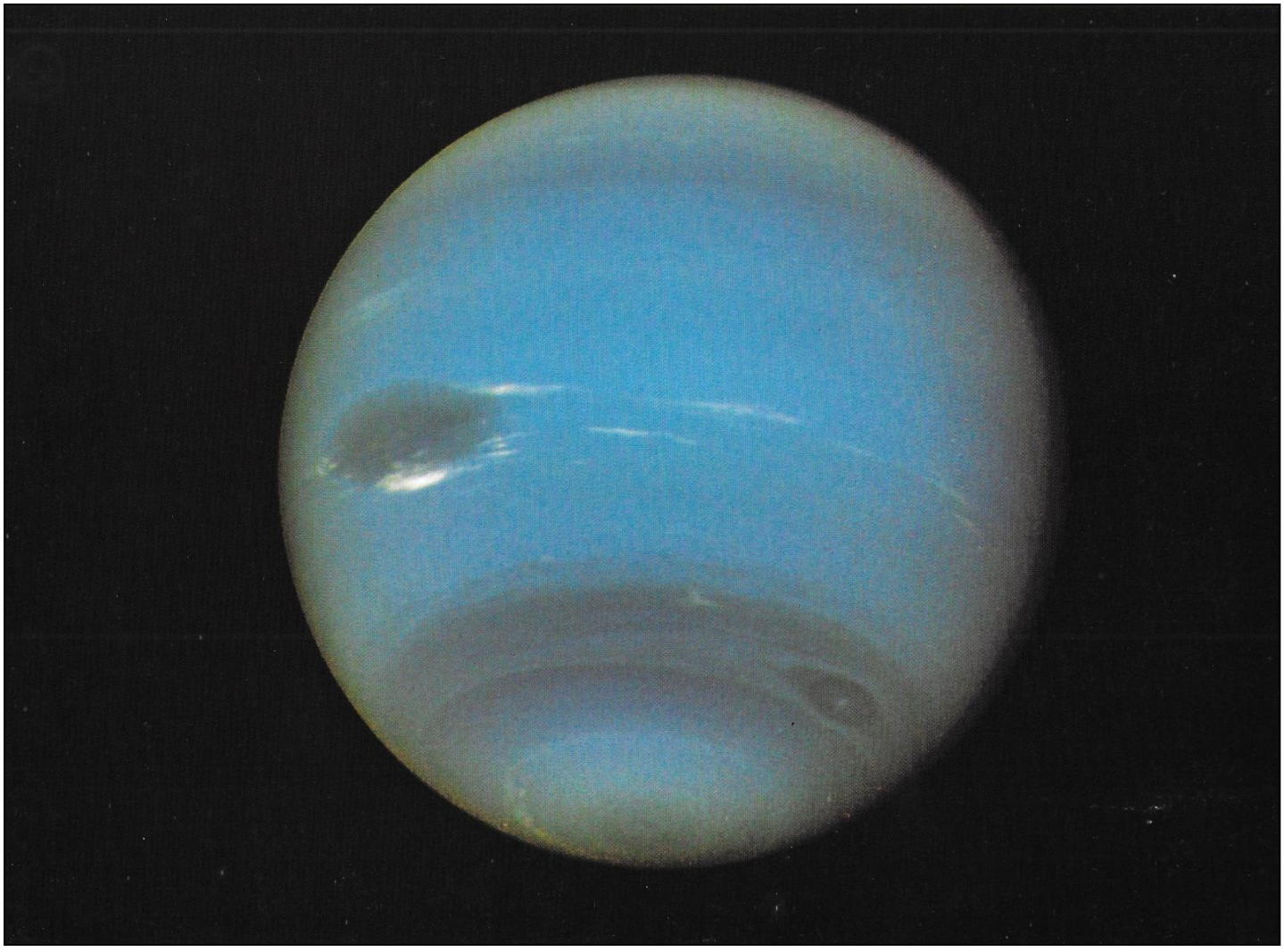
El 26-07-2006 con la cámara avanzada ACS del Telescopio Espacial Hubble, se logró realizar una imagen compuesta en tres longitudes de onda del IR cercano de un tránsito del satélite Ariel por encima de sus nubes altas de color verde-azulado, aunque estos tránsitos de satélites sobre el disco planetario son frecuentes en Júpiter, los satélites de Urano rara vez muestran sombras en la superficie del planeta, ya que su eje gira casi exactamente sobre el plano orbital, por lo cual durante el curso de una órbita alrededor del Sol, primero un polo de Urano es iluminado y después de 42 años el otro, durante una fase de planificación y extensión de la misión en el año 2009 se evaluó la posibilidad de enviar a la nave espacial Cassini de Saturno a Urano, tomando alrededor de 20 años llegar al sistema de Urano luego de salir desde Saturno, finalmente no se llevó a cabo esta misión, quedando relegado este planeta a misiones futuras.



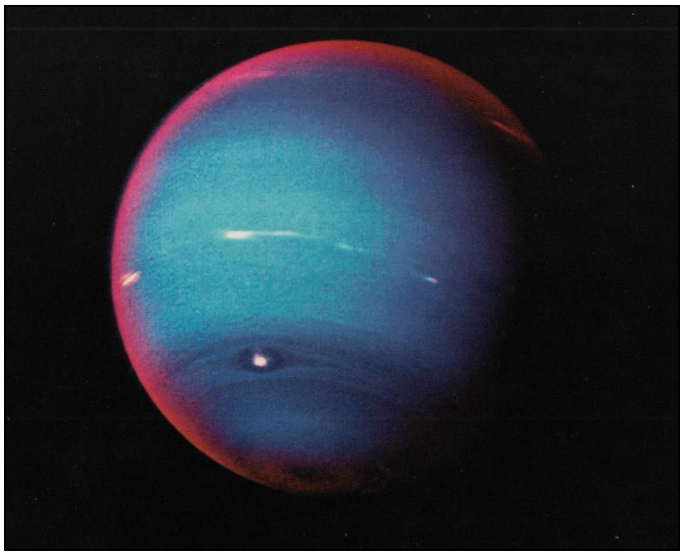
Neptuno

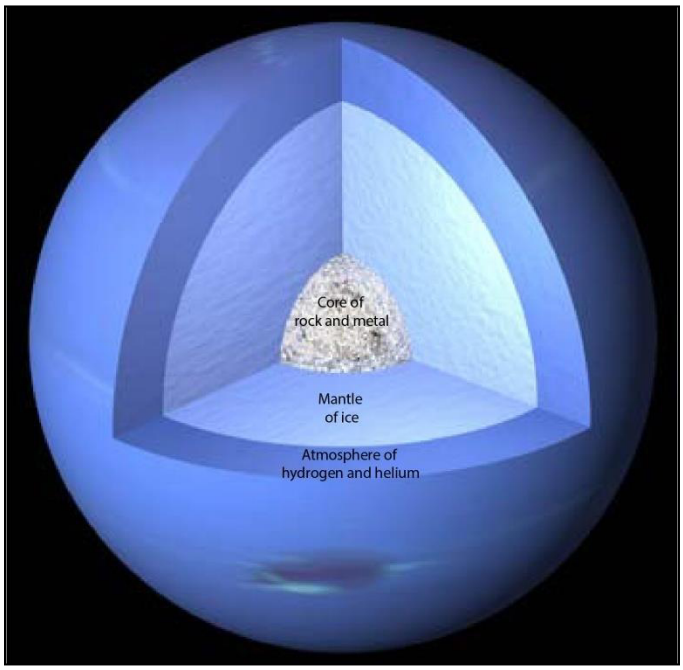
Características generales

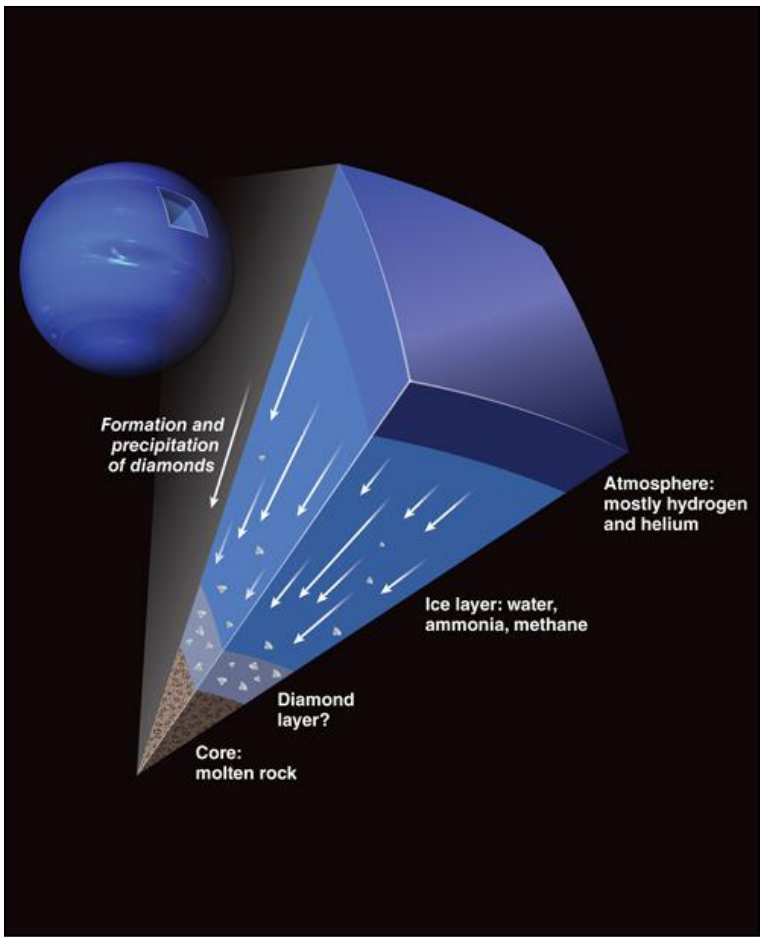
La distancia promedio entre Neptuno y el Sol es de 4.5 mil millones de Km (30.1 unidades astronómicas) y completa una órbita en promedio cada 164 años, sujeto a una variabilidad de alrededor de ± 0.1 años (sus distancias perihelio/afelio es 29.8/30.3 UA) el 11-07-2011, completó su primera órbita baricéntrica desde su descubrimiento en 1846, aunque no apareció en la posición exacta del descubrimiento en el cielo porque la Tierra estaba en una ubicación diferente de su orbita; debido al movimiento del Sol en relación con el baricentro del Sistema Solar, la órbita elíptica está inclinada 1.77° en comparación con la de la Tierra y la inclinación axial de es 28.32° (similar a las inclinaciones de la Tierra 23° y Marte 25°, como resultado, Neptuno experimenta cambios estacionales similares a la Tierra y su largo período orbital significa que las estaciones duran 40 años terrestres, su período de rotación sideral (día) es de aproximadamente 16,11 hrs; como no es un cuerpo sólido, su atmósfera experimenta una rotación diferencial, su amplia zona ecuatorial gira con un período de aproximadamente 18 hrs, más lento que la rotación de 16 hrs del campo magnético del planeta y más rápido que las regiones polares donde el período de rotación es de 12 hrs, esta rotación diferencial es la más pronunciada de cualquier planeta en el Sistema Solar.



La estructura interna de Neptuno se asemeja a la de Urano, su atmósfera forma aproximadamente el 5% al 10% de su masa y se extiende quizás del 10% al 20% hacia el núcleo, donde alcanza presiones de aproximadamente 100000 veces la de la atmósfera terrestre, se ha descubierto concentraciones crecientes de metano , amoníaco y agua (H_2O) en las regiones bajas de su atmósfera, el manto es equivalente a 10 a 15 masas terrestres y es rico en H_2O, amoníaco y metano, esta mezcla se conoce como helada a pesar de que es un fluido caliente y tiene una alta conductividad eléctrica, puede consistir en una capa de H_2O ionizada en la cual las moléculas de H_2O se descomponen en una sopa de iones de Hidrógeno y Oxígeno y en aguas súper ionizadas en las que el Oxígeno se cristaliza pero los iones de Hidrógeno flotan libremente dentro del Oxígeno; a profundidades de 7000 Km, las condiciones pueden ser tales que el metano se descompone en cristales de diamante que llueven como granizo, experimentos de muy alta presión sugieren que la parte superior del manto puede ser un océano de Carbono líquido con diamantes sólidos flotantes, el núcleo de Neptuno probablemente este compuesto de Hierro, Níquel y silicatos, con un modelo interior que da una masa de aproximadamente 1.2 veces mayor que la Terrestre, la presión en el centro es de 7 Mbar (aproximadamente el doble que en el centro de la Tierra) y la temperatura puede ser de 5120 °C.





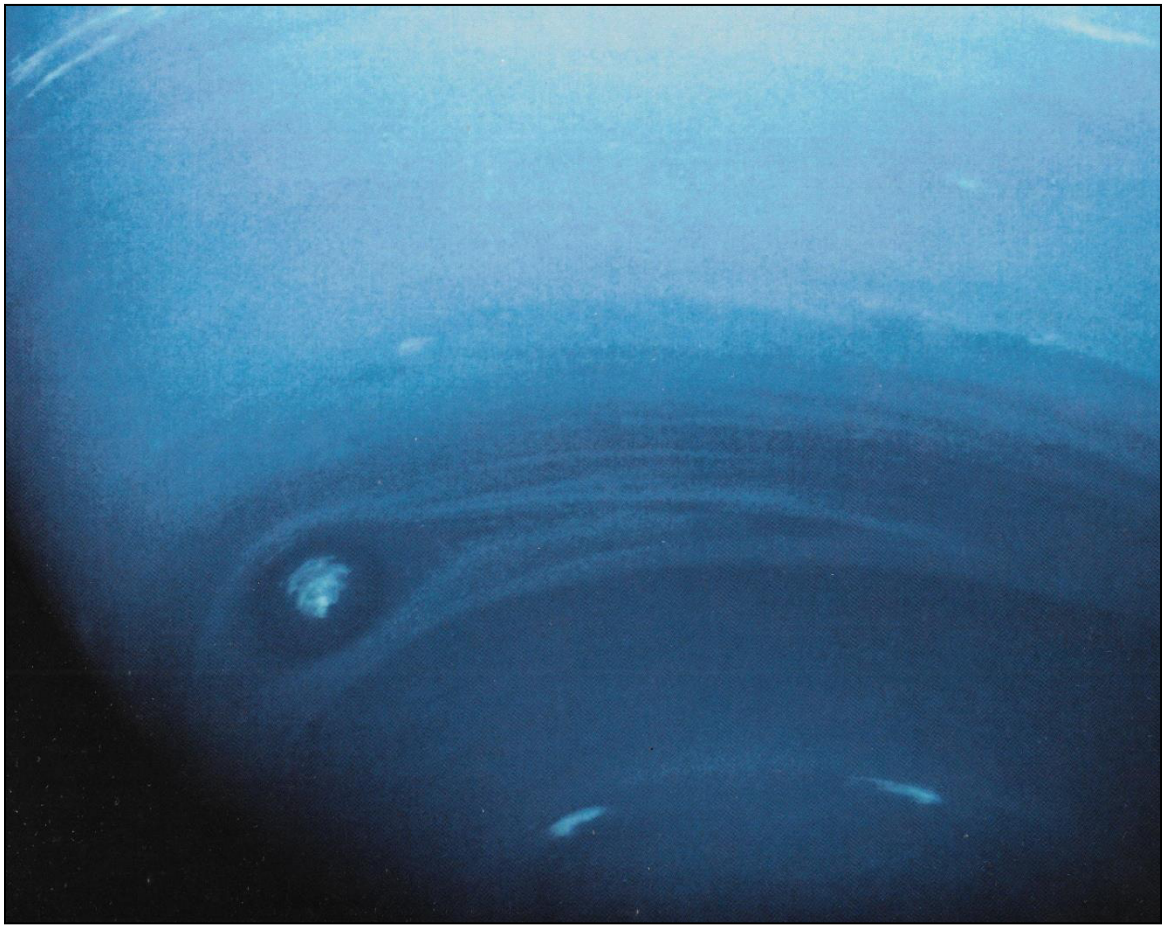


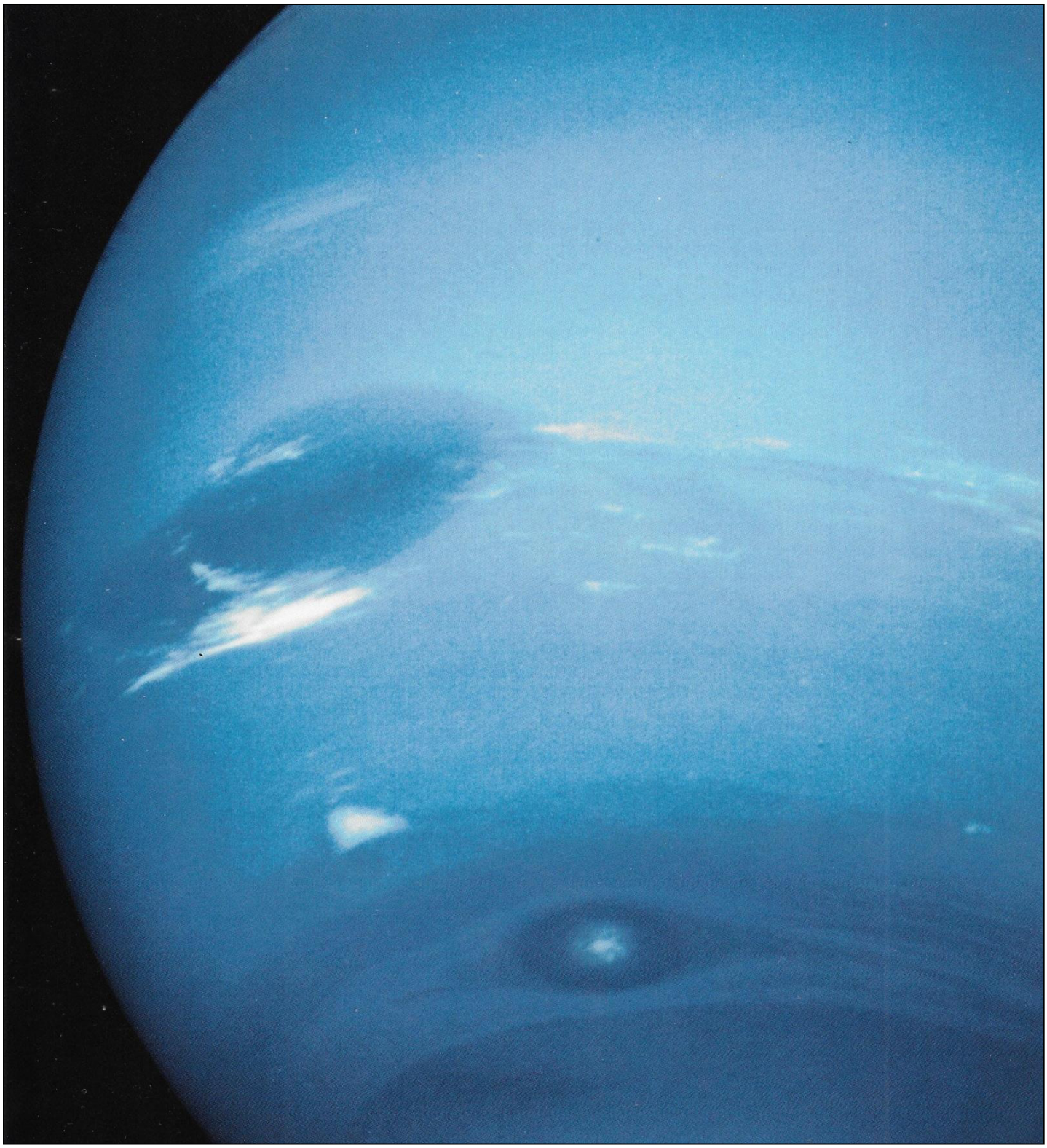
Atmósfera

A grandes altitudes, la atmósfera de Neptuno es 80% de Hidrógeno, 19% de Helio y una pequeña cantidad de metano, existen bandas de absorción de metano prominentes a longitudes de onda superiores a 600 nm, en la porción roja e IR del espectro (al igual que con Urano) esta absorción de luz roja por el metano atmosférico es parte de lo que le da su tono azulado, aunque el azul vivo de Neptuno difiere del cian más suave de Urano debido a que el contenido atmosférico de metano de Neptuno es similar al de Urano, se cree que algún componente atmosférico desconocido contribuye al color de Neptuno.

La atmósfera de Neptuno se subdivide en dos regiones principales: la troposfera inferior, donde la temperatura disminuye con la altitud, y la estratosfera, donde la temperatura aumenta con la altitud, el límite entre las dos es la tropopausa, la estratosfera da paso a la termosfera a una presión inferior a 5-4 bar, la termosfera pasa gradualmente a la exosfera; los modelos sugieren que la troposfera de Neptuno está formada por nubes de diferentes composiciones según la altitud, las nubes de nivel superior se encuentran a presiones, donde la temperatura es adecuada para que el metano se condense, a presiones entre 1 y 5 bares, se cree que se forman nubes de amoníaco y sulfuro de Hidrógeno, por encima de una presión de 5 bar, las nubes pueden consistir en amoníaco, sulfuro de amonio, sulfuro de Hidrógeno y H_2O, probablemente se puedan encontrar a presiones de aproximadamente 50 bar, (donde la temperatura alcanza los 0 °C) nubes más profundas de hielo de H_2O, debajo de estas, se pueden encontrar nubes de amoníaco y sulfuro de Hidrógeno.

Se han observado y fotografiado nubes de gran altitud que proyectan sombras en la cubierta de nubes opacas, también hay bandas de nubes a gran altitud que se envuelven alrededor del planeta a una latitud constante, estas bandas circunferenciales poseen entre 50/150 Km de ancho y se encuentran a unos 50/110 Km sobre la cubierta de nubes principal, la troposfera, el clima no ocurre en la estratosfera o termosfera superior.



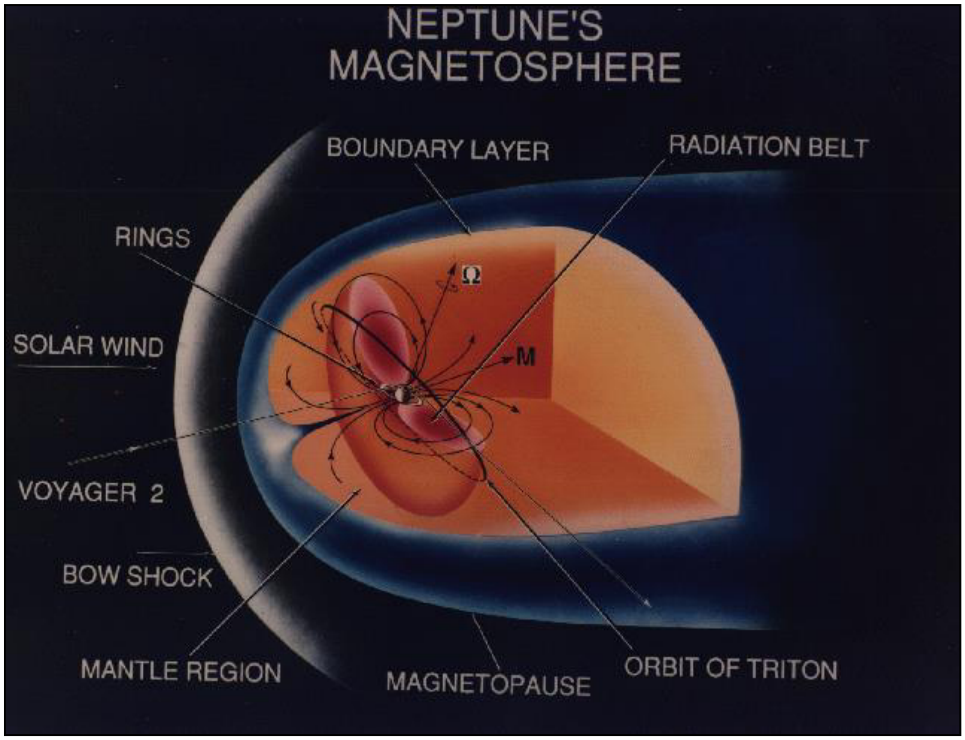


Estudios por medio de la espectroscopia sugieren que su estratosfera inferior es nebulosa debido a la condensación de los productos de la fotólisis UV de metano, como el etano y el acetileno, la estratosfera también alberga pequeñas cantidades de monóxido de Carbono y cianuro de Hidrógeno, es más cálida que la de Urano debido a la elevada concentración de hidrocarburos.

Por razones que se desconocen, la termosfera posee una temperatura anormalmente alta de aproximadamente 476°C (el planeta está demasiado lejos del Sol para que este calor sea generado por la radiación UV) un candidato para un mecanismo de calentamiento es la interacción atmosférica con iones en el campo magnético, otros candidatos son las ondas de gravedad del interior que se disipan en la atmósfera, la termosfera contiene trazas de dióxido de Carbono y H_2O, que pueden haberse depositado de fuentes externas como meteoritos y polvo.

Magnetosfera

Neptuno es muy similar a Urano en su magnetosfera , con un campo magnético fuertemente inclinado en relación con su eje de rotación (47°) y con un desplazamiento de aproximadamente a 13500 Km del centro físico del planeta, antes de la llegada de la sonda Voyager 2, se planteó la hipótesis de que la magnetosfera inclinada de Urano era el resultado de su rotación lateral, al comparar los campos magnéticos entre los dos planetas, los científicos ahora piensan que la orientación extrema puede ser característica de los flujos interiores de los planetas, el campo magnético es generado por movimientos de fluidos convectivos en una delgada capa esférica de líquidos conductores de electricidad (probablemente una combinación de amoníaco, metano y H_2O) resultando en una acción de dínamo, el componente dipolar del campo magnético en el ecuador es de aproximadamente 14 microteslas y tiene una geometría compleja que incluye contribuciones relativamente grandes de componentes no dipolares, incluido un momento cuadrupolo fuerte que puede exceder el momento dipolar magnético (la Tierra, Júpiter y Saturno tienen solo momentos cuadrupolo relativamente pequeños, y sus campos están menos inclinados desde el eje polar) el arco de choque de Neptuno (donde la magnetosfera comienza a ralentizar el viento solar) se produce a una distancia de 86000 Km y la magnetopausa (donde la presión de la magnetosfera contrarresta el viento solar) se encuentra a una distancia de 65200 Km del planeta, la cola de la magnetosfera se extiende al menos 177200 Km, y probablemente mucho más.



Clima

El clima de Neptuno se caracteriza por sistemas de tormenta extremadamente dinámicos, con vientos que alcanzan velocidades de casi 2200 Km/h, casi alcanzando un flujo supersónico, al rastrear el movimiento de las nubes se ha demostrado que las velocidades del viento varían de 72 Km/h en dirección E a 1170 Km/h hacia el O, en las cimas de las nubes; los vientos predominantes varían en velocidad desde 1440 Km/h a lo largo del ecuador hasta 900 Km/h en los polos (la mayoría de los vientos se mueven en una dirección opuesta a la rotación del planeta) el patrón general de vientos mostró rotación programada en latitudes altas y rotación retrógrada en latitudes más bajas.

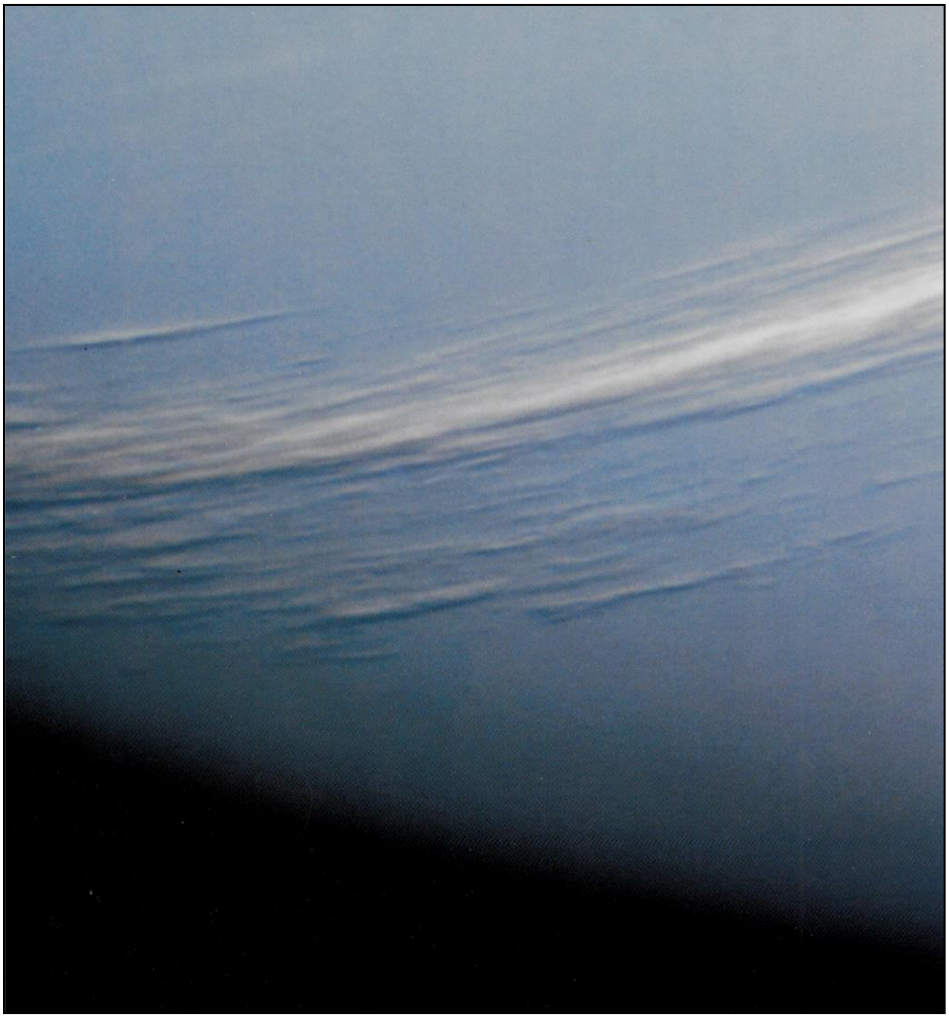
En 2007, se descubrió que la troposfera superior del polo S de Neptuno era más cálida que el resto de su atmósfera, que promedia aproximadamente -200 °C, el diferencial de temperatura es suficiente para permitir que el metano, que en otros lugares está congelado en la troposfera, escape a la estratosfera cerca del polo, la zona caliente se debe a la inclinación axial que ha expuesto el polo S al Sol durante aproximadamente 40 años terrestres, a medida que Neptuno se mueve lentamente hacia el lado opuesto del Sol, el polo S se oscurece y el polo N se ilumina, haciendo que la liberación de metano se desplace hacia el polo, debido a los cambios estacionales, se ha observado que las bandas de nubes en el hemisferio sur de Neptuno aumentan de tamaño y albedo, esta tendencia se vio por primera vez en 1980 y se espera que dure hasta el año 2020, el período orbital de Neptuno da como resultado estaciones que duran 40 años terrestres.

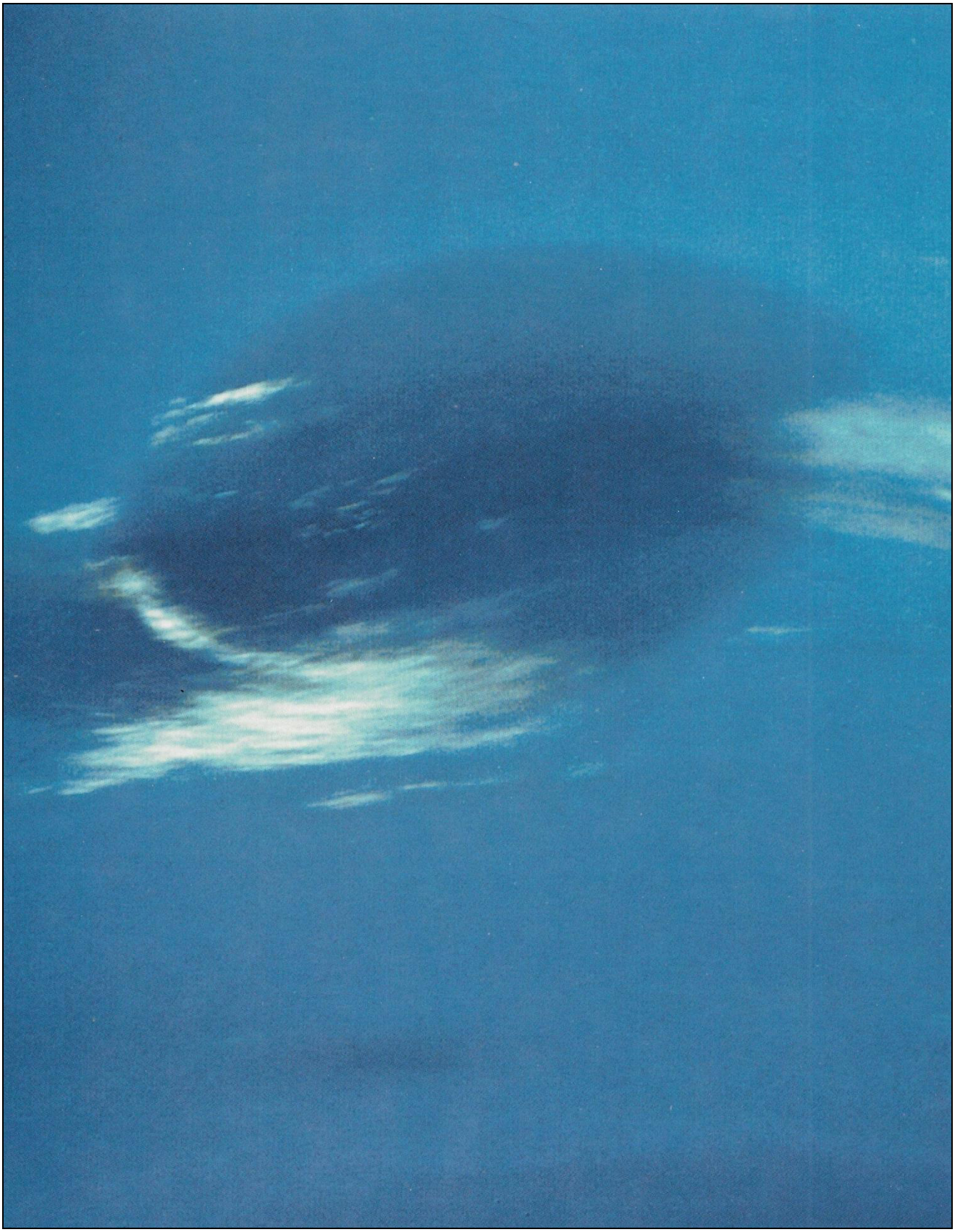
El clima más variado de Neptuno en comparación con Urano se debe en parte a su mayor calentamiento interno, aunque Neptuno recibe solo el 40% de su cantidad de luz solar, las temperaturas de la superficie de los dos planetas son aproximadamente iguales, las regiones superiores de la troposfera de Neptuno alcanzan una temperatura baja de -221.3 °C) a una profundidad donde la presión atmosférica es igual a 1 bar, la temperatura es -201 °C, más profundo dentro de las capas de gas, la temperatura aumenta constantemente, la fuente de este calentamiento es desconocida, Neptuno irradia aproximadamente 2.61 veces la energía que recibe del Sol, pero su energía interna es suficiente para impulsar los vientos planetarios más rápidos que se ven en el Sistema Solar, dependiendo de las propiedades térmicas de su interior, el calor sobrante de la formación de Neptuno puede ser suficiente para explicar su flujo de calor actual.

En 1989, la sonda Voyager 2 descubrió un sistema anticiclónico de tormentas denominado la Gran Mancha Oscura, cuyas dimensiones son de 13000×6600 Km, de características similares a la Gran Mancha Roja de Júpiter, en 1994, el Telescopio Espacial Hubble no observó la Gran Mancha Oscura, pero sí encontró una nueva tormenta similar en el hemisferio N de Neptuno.

Otra tormenta, denominada Scooter, un grupo de nubes blancas más al sur que la Gran Mancha Oscura, su nombre surgió por primera vez durante los meses previos al encuentro de la nave Voyager 2 en 1989, cuando se observó que se movían a velocidades más rápidas y las imágenes adquiridas posteriormente revelarían la presencia de nubes moviéndose incluso más rápido que las que inicialmente habían sido detectadas por la nave espacial, la Pequeña Mancha Oscura es una tormenta ciclónica cercana al polo S, la segunda tormenta más intensa observada durante el encuentro de 1989, inicialmente era completamente oscura, pero cuando Voyager 2 se acercó al planeta, se desarrolló un núcleo brillante que se puede ver en la mayoría de las imágenes de alta resolución.

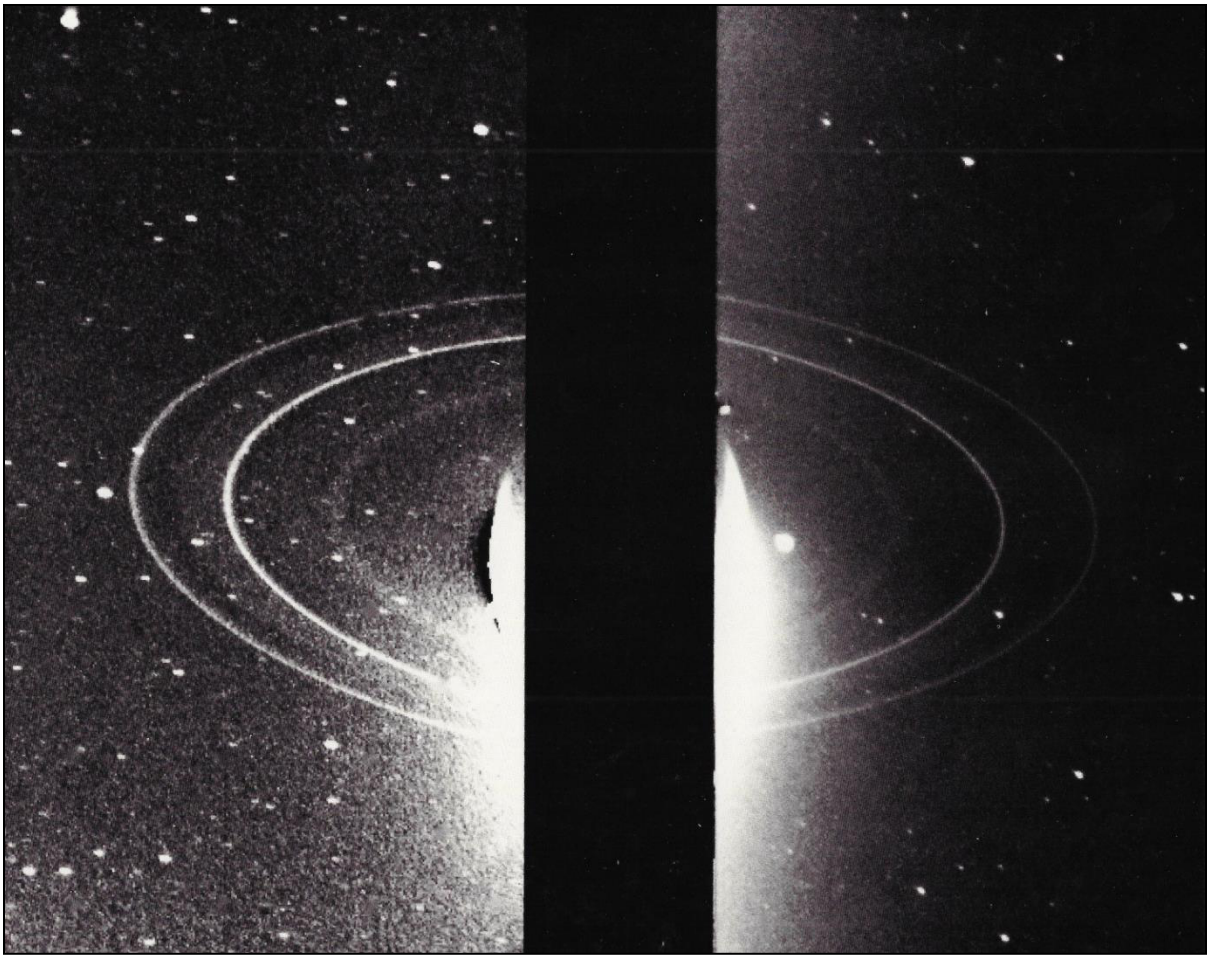
Se cree que las manchas oscuras se producen en la troposfera a altitudes más bajas que las características nubes más brillantes, por lo que aparecen como agujeros en las cubiertas de nubes superiores, como son estables pueden persistir durante varios meses, se cree que son estructuras de vórtice, a menudo asociados con las manchas oscuras; hay nubes de metano más brillantes y persistentes que se forman alrededor de la capa de tropopausa, la persistencia de estas nubes muestra que algunos puntos oscuros anteriores pueden continuar existiendo como ciclones a pesar de que ya no son visibles como una característica oscura, las manchas oscuras pueden disiparse cuando migran demasiado cerca del ecuador o posiblemente a través de algún otro mecanismo desconocido.





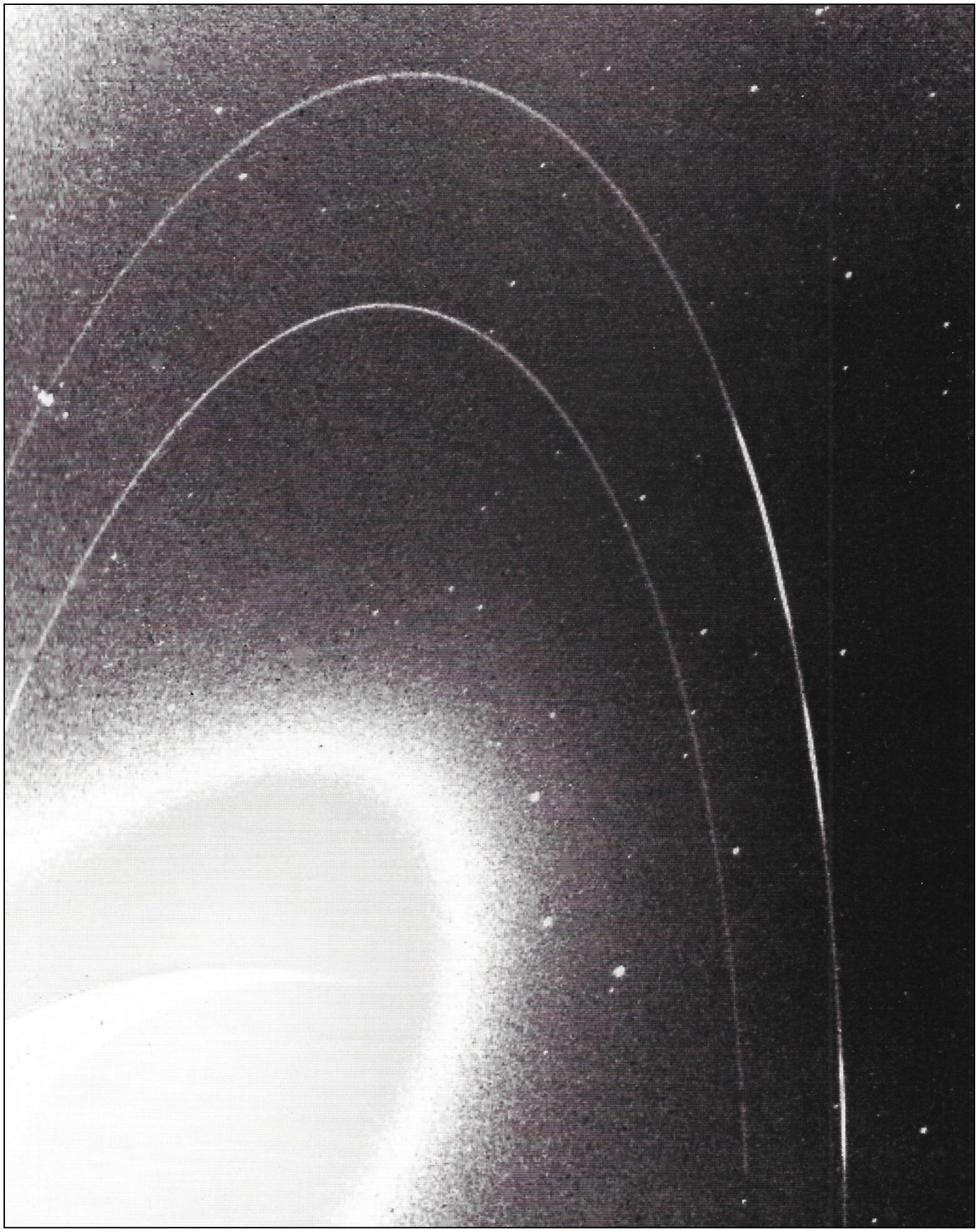
Anillos

Neptuno posee un sistema de anillos, probablemente de partículas de hielo recubiertas con silicatos o material a base de Carbono, lo que seguramente les da su tono rojizo, los tres anillos principales son el Anillo Adams, a 63000 Km del centro de Neptuno, el Anillo Le Verrier, a 53000 Km de distancia, y el más amplio y más débil Anillo Galle a 42000 Km, una débil extensión externa al Anillo de Le Verrier se llama Lassell; está limitado en su borde exterior por el Anillo Arago a 57000 Km.



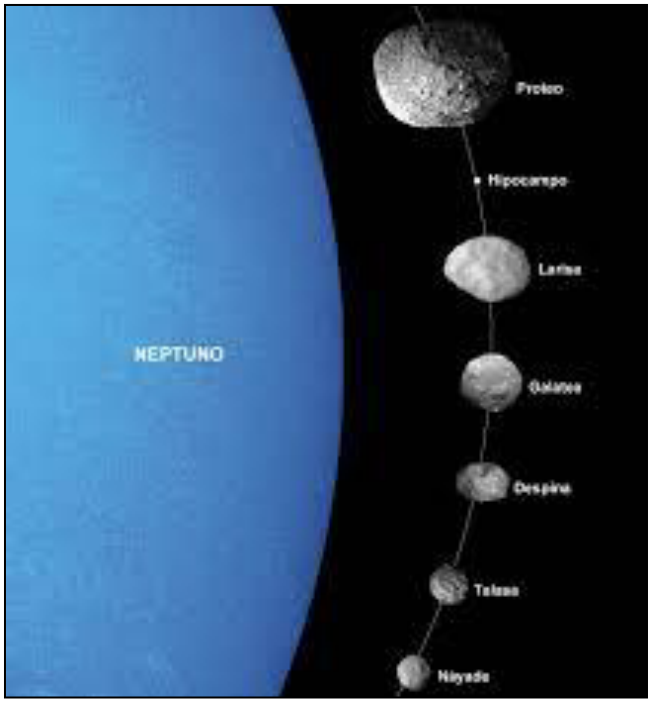
El primero de estos anillos fue detectado en 1968; a principios de la década de 1980, el análisis de estos datos junto con observaciones más recientes condujo a la hipótesis de que este anillo podría estar incompleto, la evidencia de que los anillos podrían tener huecos surgió por primera vez durante una ocultación estelar en 1984 cuando los anillos oscurecieron una estrella, finalmente las imágenes de Voyager 2 en 1989 resolvieron el problema mostrando varios anillos débiles.

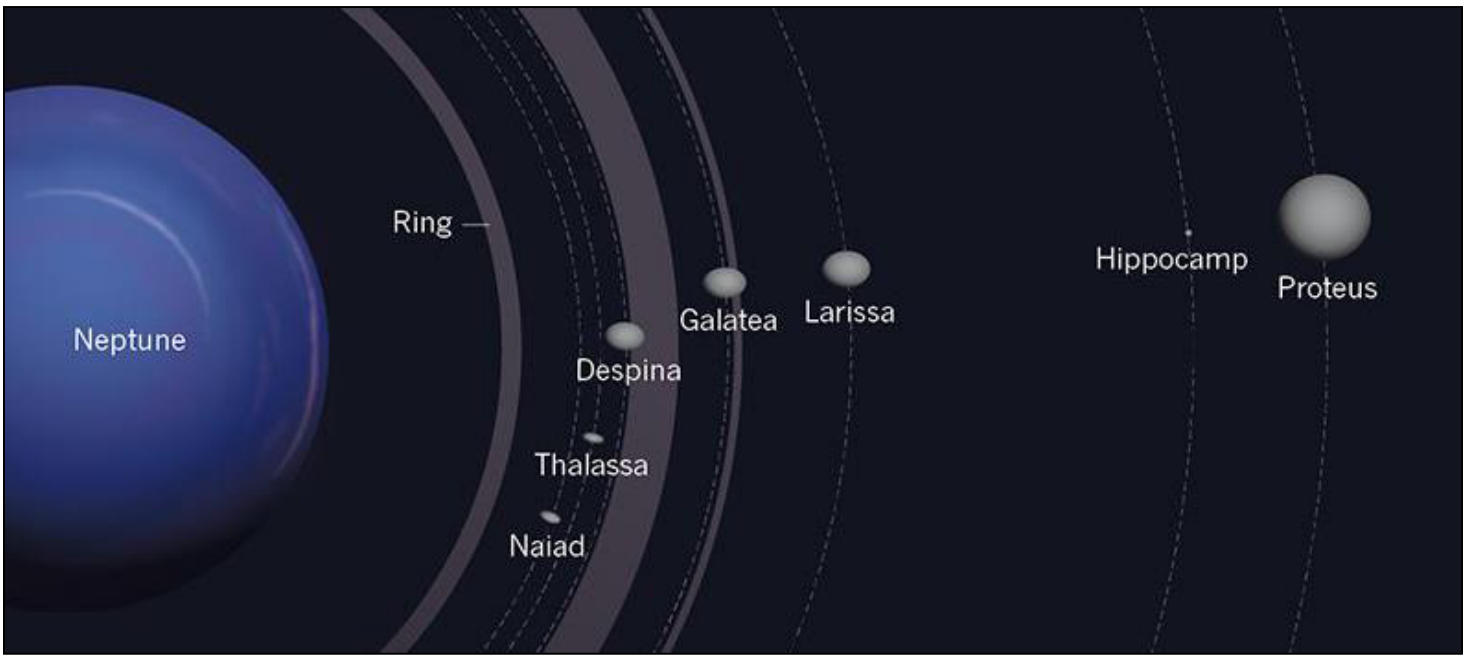
El anillo más externo, Adams, contiene cinco arcos prominentes denominados Courage, Liberté, Egalité 1, Egalité 2 y Fraternité, la existencia de arcos fue difícil de explicar porque las leyes del movimiento predecían que los arcos se extenderían en un anillo uniforme en escalas de tiempo cortas, los astrónomos ahora estiman que los arcos poseen su forma actual por los efectos gravitacionales de Galatea (una luna justo dentro del anillo) observaciones hechas por el Telescopio Espacial Hubble parecían mostrar que los anillos son mucho más inestables de lo que se pensaba, de acuerdo a imágenes tomadas por el Observatorio Keck en 2002 y 2003 muestran un deterioro considerable en los anillos en comparación con las imágenes de Voyager 2 (dentro de 100 años el arco Liberté podría desaparecer).



Satélites

Neptuno tiene 14 lunas conocidas, como Neptuno era el dios romano del mar, las lunas llevan el nombre de dioses marinos menores, en 1989, Tritón y Nereida son las mas importantes, Voyager 2 descubrió seis lunas más, Proteus, de forma irregular, es notable por ser tan grande y como un cuerpo de su densidad no pudo ser esférico por su propia gravedad, cuatro lunas, como lo son Naiad, Thalassa, Despina y Galatea, orbitan lo suficientemente cerca como para estar dentro de los anillos de Neptuno, Larissa, fue descubierta originalmente en 1981 cuando ocultó una estrella, esta ocultación se había atribuido a arcos en anillo, pero cuando Voyager 2 hizo su sobrevuelo, descubrió que Larissa lo había causado, en 2004 se anunciaron cinco nuevas lunas irregulares descubiertas entre 2002 y 2003, en 2013 combinando múltiples imágenes del Telescopio Hubble se encontró una nueva y más pequeña luna, Hippocamp.



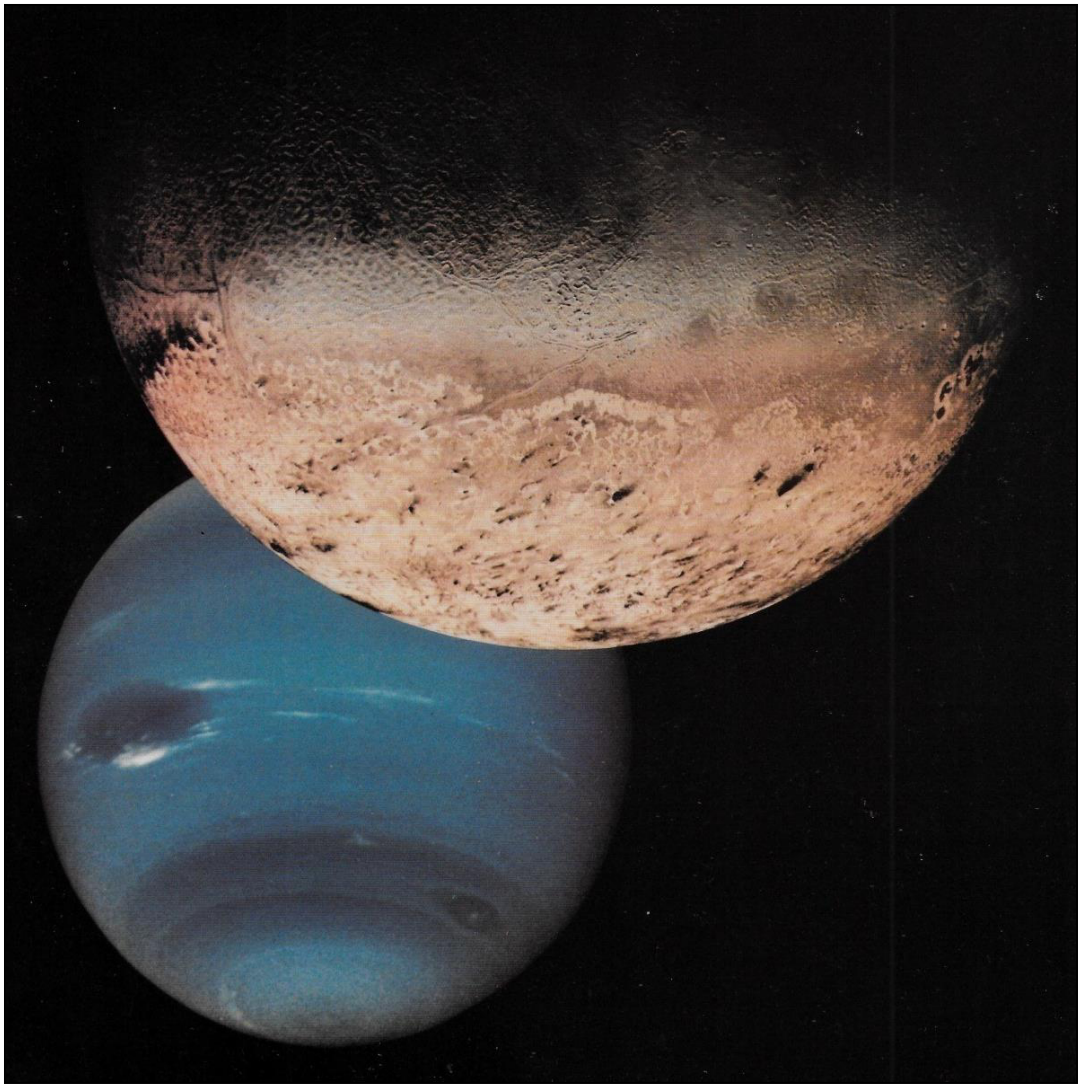


Tritón

Su descubrimiento fue en 1846 por el astrónomo inglés William Lassell 17 días después del descubrimiento de Neptuno, es la única luna grande en el Sistema Solar con una órbita retrógrada (en la dirección opuesta a la rotación de su planeta) con 2710 Km de diámetro, es la 7° luna más grande del Sistema Solar, el único satélite de Neptuno lo suficientemente masivo como para estar en equilibrio hidrostático, debido a su órbita retrógrada y su composición similar a la de Plutón , se cree que Tritón fue un planeta enano capturado del cinturón de Kuiper.

La órbita de Tritón se asocia con dos inclinaciones, la oblicuidad del giro de Neptuno a la órbita de Neptuno (30°) y la inclinación de la órbita de Tritón al giro de Neptuno (157°) (una inclinación superior a 90° indica movimiento retrógrado), la órbita de Tritón avanza en relación con el giro de Neptuno con un período de aproximadamente 678 años terrestres haciendo que su inclinación relativa a la órbita del planeta varíe entre 127° y 180°, esa inclinación es actualmente de 130°.

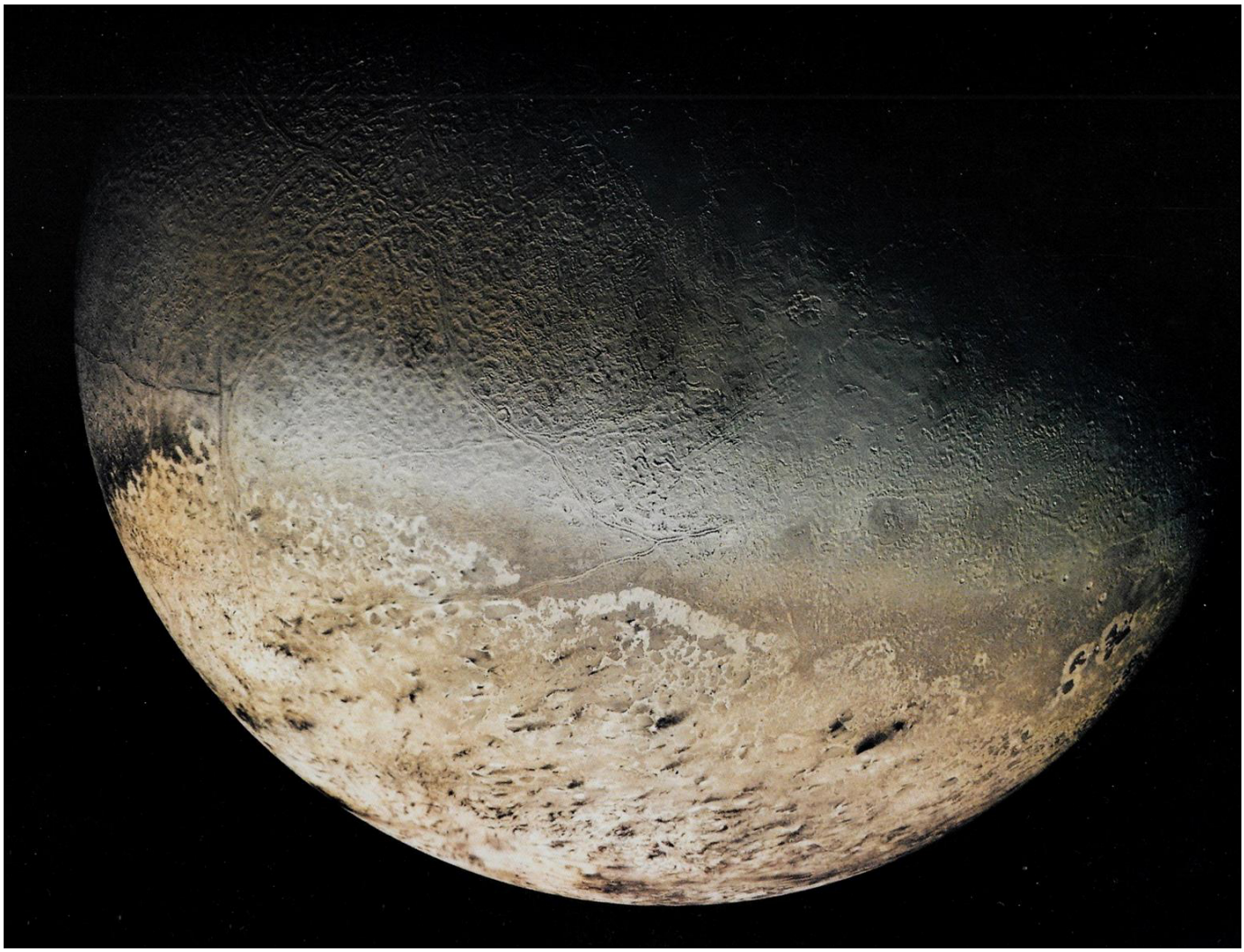
Tritón posee una rotación sincrónica alrededor de Neptuno (el cuerpo bloqueado por la marea tarda tanto en girar alrededor de su propio eje como en girar alrededor de su compañero), al igual que la Luna en la Tierra, mantiene una cara orientada hacia el planeta en todo momento y su ecuador está casi exactamente alineado con su plano orbital, actualmente, el eje de rotación de Tritón está a unos 40° del plano orbital de Neptuno, a medida que Neptuno orbita alrededor del Sol, las regiones polares de Tritón se turnan para mirar al Sol, lo que resulta en cambios estacionales a medida que un polo, luego el otro, se mueve hacia la luz solar (estos cambios se observaron en 2010).



Superficie

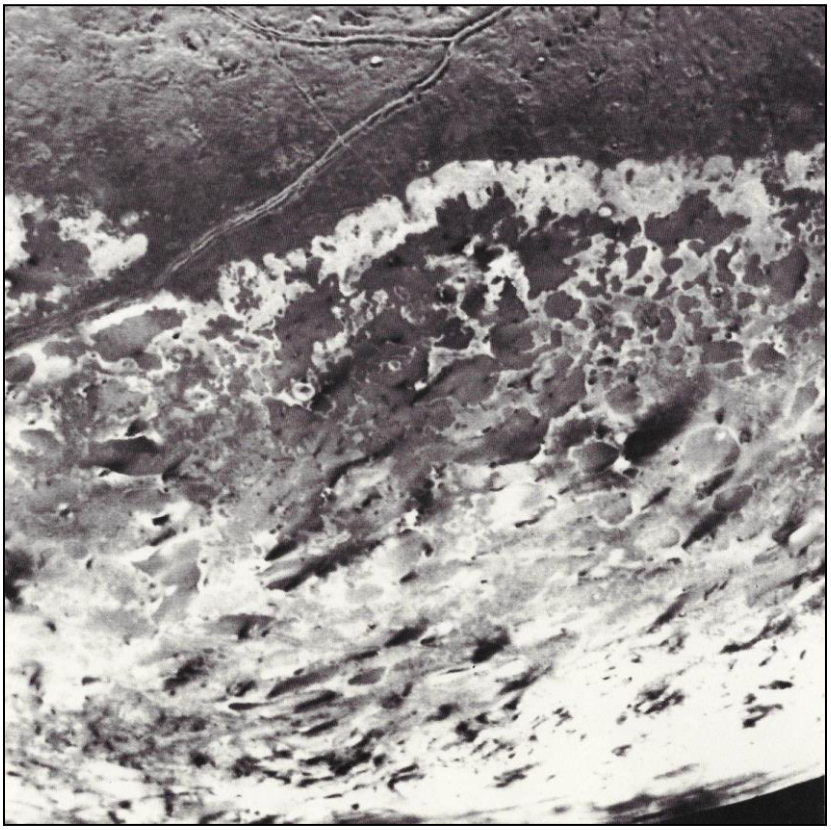
La superficie de Tritón está cubierta con una capa transparente de Nitrógeno sólido, se ha observado y estudiado el 40% de la superficie, pero es posible que esté completamente cubierto por una capa delgada de hielo de Nitrógeno, la corteza de Tritón consiste en 55% de hielo de Nitrógeno con otros hielos mezclados, el hielo de H_2O comprende 15/35% y el dióxido de Carbono congelado (hielo seco) el 10–20% restante, las trazas de hielo incluyen 0.1% de metano y 0.05% de monóxido de Carbono, también podría existir hielo de amoníaco en la superficie, ya que hay indicios de dihidrato de amoníaco en la litosfera; la densidad media de Tritón implica que probablemente consta de aproximadamente 30-45% de hielo de H_2O y el resto es material rocoso; la superficie es de 23 millones de Km^2 y tiene un albedo considerable e inusualmente alto, que refleja el 60-95% de la luz solar que lo alcanza, y ha cambiado ligeramente desde las primeras observaciones; se cree que el color rojizo de Tritón es el resultado del hielo de metano convertido en tolinas bajo exposición a la radiación UV.

La superficie de Tritón muestra una larga historia de fusión, los modelos de su interior postulan que Tritón se diferencian un núcleo sólido, un manto y una corteza, el H_2O (volátil más abundante en el Sistema Solar) comprende el manto de Tritón, que envuelve un núcleo de roca y metal, hay suficiente roca en el interior de Tritón de la desintegración radiactiva al poder de convección en el manto hasta nuestros días, el calor puede incluso ser suficiente para mantener un océano subterráneo global similar a lo que se supone que existe debajo de la superficie de la luna de Júpiter Europa, se sospecha que el material negro expulsado contiene compuestos orgánicos y si el H_2O líquida está presente en Tritón, se ha especulado que esto podría hacerlo habitable para alguna forma de vida.



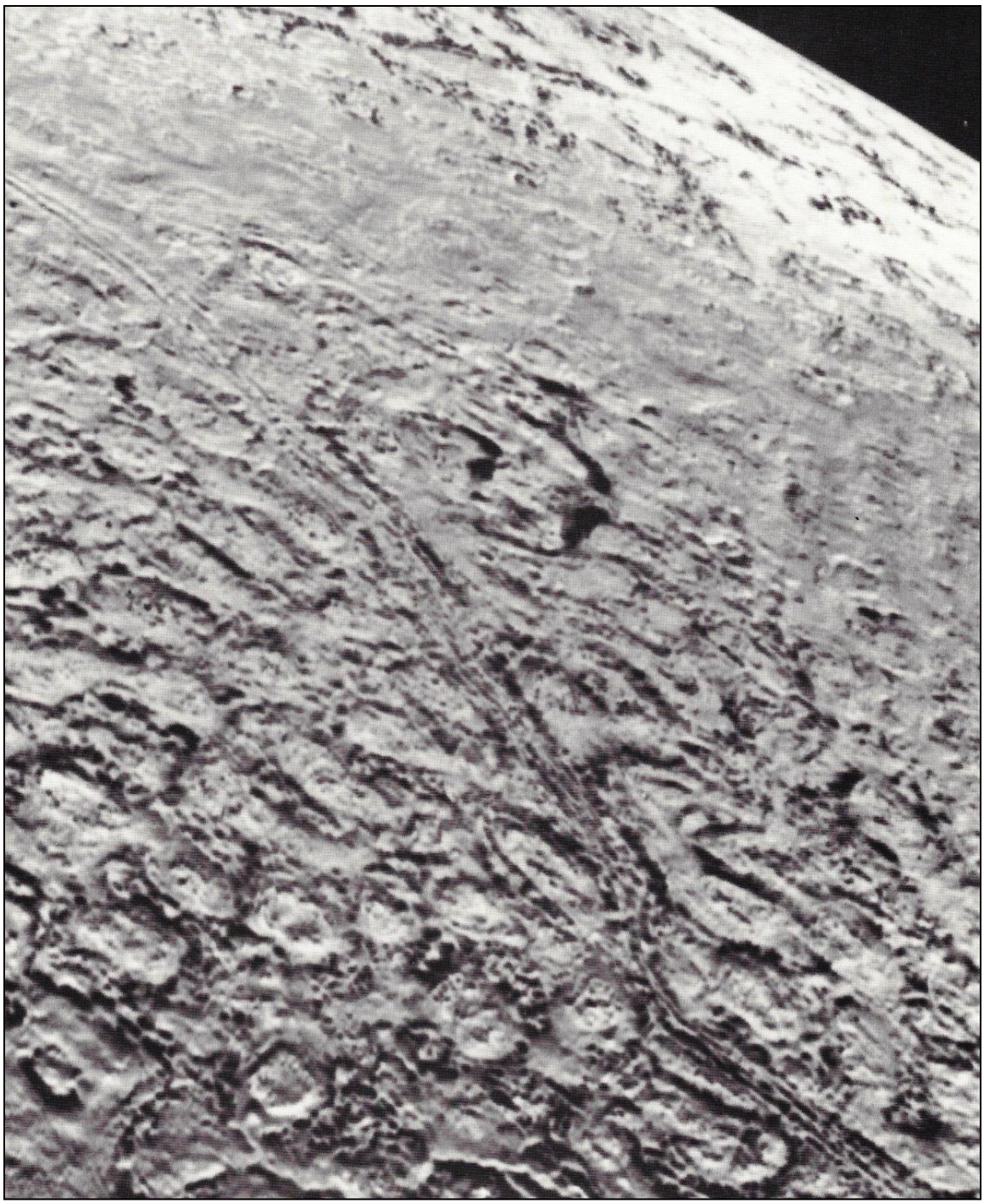
El conocimiento detallado de la superficie de Tritón fue adquirido a una distancia de 40000 Km por Voyager 2, el 40% de la superficie reveló afloramientos en bloque, crestas, canales, surcos, huecos, mesetas, llanuras heladas y pocos cráteres, su superficie es relativamente plana; su topografía observada nunca varía más allá de un kilómetro, los cráteres de impacto observados se concentran casi por completo en el hemisferio principal, el análisis de la densidad y la distribución del cráteres sugiere que (en términos geológicos) la superficie es extremadamente joven, con regiones que varían de 6 a 50 millones de años, el 55% está cubierta con Nitrógeno congelado, con hielo de H_2O (15-35%) y dióxido de Carbono congelado formando el 20% restante, la superficie muestra depósitos de tolinas (compuestos orgánicos que pueden ser precursores químicos del origen de la vida) aunque la corteza está hecha de varios hielos, sus procesos subterráneos son similares a los que producen los volcanes en la Tierra, pero con H_2O y amoníaco en lugar de roca líquida, la superficie está cortada por valles y crestas complejas, probablemente resultado de la tectónica y el criovulcanismo, las características de la superficie son el resultado de procesos geológicos internos, de naturaleza volcánica en lugar de tectónica.

Voyager 2 observó erupciones similares a géiseres de gas Nitrógeno y polvo arrastrado desde abajo de la superficie en penachos de hasta 8 Km de altura, siendo uno de los pocos cuerpos en el Sistema Solar en el que se han observado erupciones activas de algún tipo, los géiseres observados se ubicaron entre 50° y 57° S, en la parte de la superficie de Tritón cerca del punto subsolar, el calentamiento solar (aunque muy débil en la gran distancia de Tritón del Sol) juega un papel importante, se cree que la superficie probablemente consiste en una capa translúcida de Nitrógeno congelado que recubre un sustrato más oscuro, lo que crea una especie de efecto invernadero sólido, la radiación solar pasa a través de la delgada capa de hielo superficial, calentando y vaporizando lentamente el Nitrógeno del subsuelo hasta que se acumula suficiente presión de gas que estalla en la corteza, aunque comúnmente se denomina criovolcánico, esta actividad de nube de Nitrógeno es distinta de las erupciones criovolcánicas, así como los procesos volcánicos en otros mundos, que son alimentados por calor interno, cada erupción de un géiser puede durar hasta un año, impulsada por la sublimación de aproximadamente 100 millones de m^3 de hielo de Nitrógeno durante este intervalo; el polvo arrastrado puede depositarse hasta 150 Km a favor del viento en vetas visibles y quizás mucho más lejos en depósitos más difusos, las imágenes del hemisferio S de Tritón muestran muchas de esas líneas de material oscuro.



Entre 1977 y el sobrevuelo de la Voyager 2 en 1989, Tritón cambió de un color rojizo a un tono mucho más pálido, lo que sugiere que las heladas de Nitrógeno más claras habrían cubierto el material rojizo más antiguo, la región del polo S está cubierta por una capa altamente reflectante de Nitrógeno y Metano congelados, con algunos cráteres de impacto y aberturas de géiseres, poco se sabe sobre el polo N porque estaba en el lado nocturno durante el paso de la sonda, pero se cree que Tritón también debe tener una capa de hielo en el polo N.

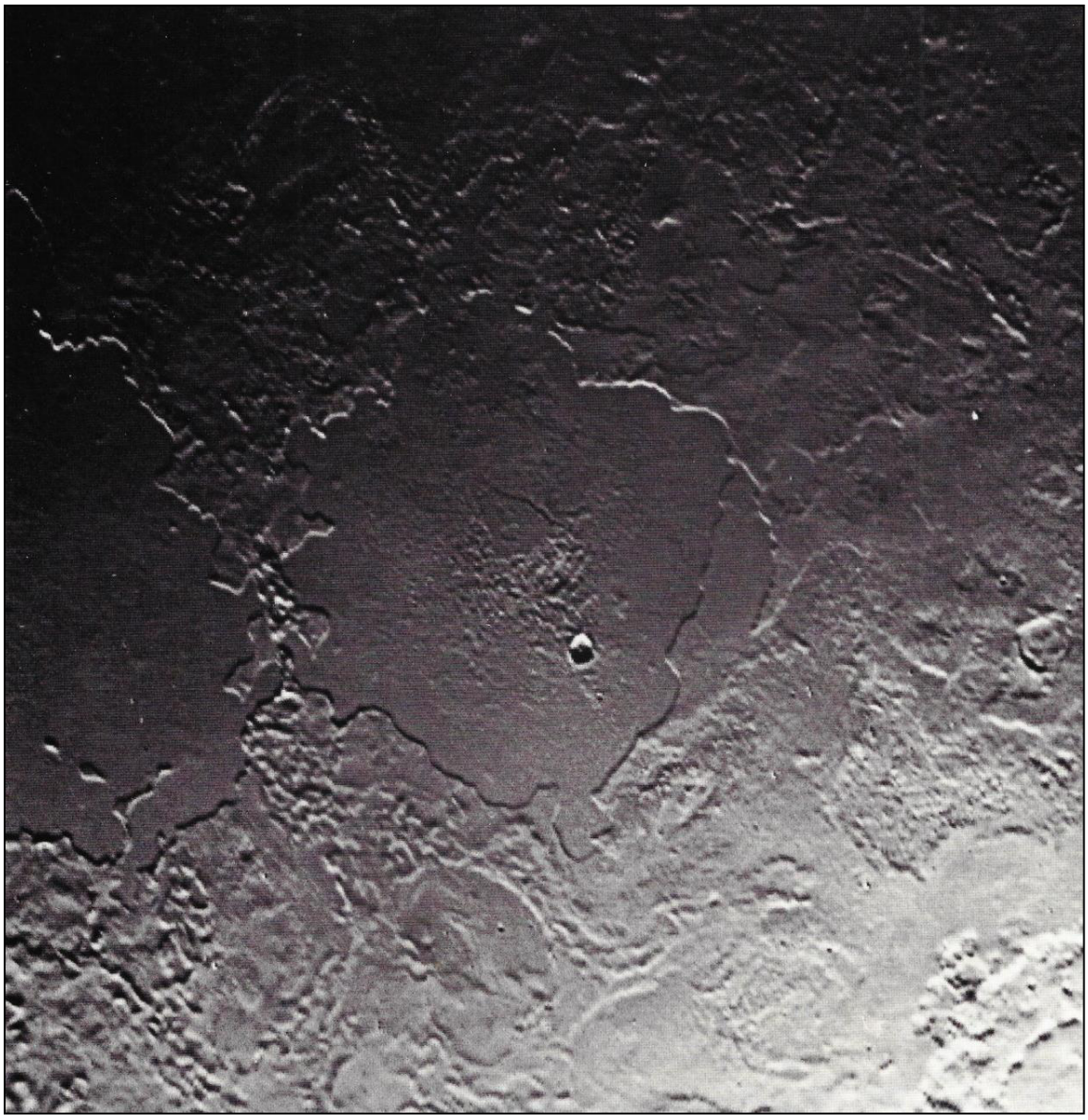
Las altas llanuras que se encuentran en el hemisferio E (Cipango Planum) cubren y borran las características más antiguas, son casi seguramente el resultado del lavado de lava helada sobre el paisaje anterior, en la llanura Leviathan Patera se observan agujeros, probablemente respiraderos de donde surgió esta lava, se desconoce la composición de la lava, aunque se sospecha puede ser una mezcla de amoníaco y H_2O.



Se identificaron cuatro llanuras amuralladas aproximadamente circulares, son las regiones más planas descubiertas hasta ahora, con una variación en la altitud de menos de 200 m, y se cree que se formaron a partir de la erupción de lava helada, las llanuras del hemisferio E están salpicadas de puntos negros (denominadas máculas) algunas máculas son simples manchas oscuras con límites difusos y otras comprenden un parche central oscuro rodeado por un halo blanco con límites afilados, suelen tener diámetros de alrededor de 100 Km y anchos de los halos de entre 20 y 30 Km; existen extensas crestas y valles en patrones complejos en la superficie, probablemente el resultado de los ciclos de congelación/descongelación, muchos parecen ser de naturaleza tectónica y probablemente sean el resultado de una extensión o una falla por deslizamiento, estas fallas con crestas paralelas expulsadas del interior atraviesan terrenos complejos con valles en la región ecuatorial, se cree que las crestas y surcos son de edad intermedia en la historia geológica del satélite y en muchos casos se han formado simultáneamente.

El hemisferio occidental de Tritón consiste en una extraña serie de fisuras y depresiones conocidas como Terreno de Melón, posee pocos cráteres, se cree que este es el terreno más antiguo de Tritón y probablemente cubra gran parte del hemisferio O, compuesto principalmente hielo de agua sucia (solo se sabe que existe en Tritón) con depresiones de 30 a 40 Km de diámetro, las depresiones probablemente no son cráteres de impacto porque todas tienen un tamaño similar y curvas suaves, las hipótesis principales para su formación son el aumento de material menos denso a través de un estrato de material más denso o la formación por colapsos o por inundaciones causadas por el criovulcanismo.

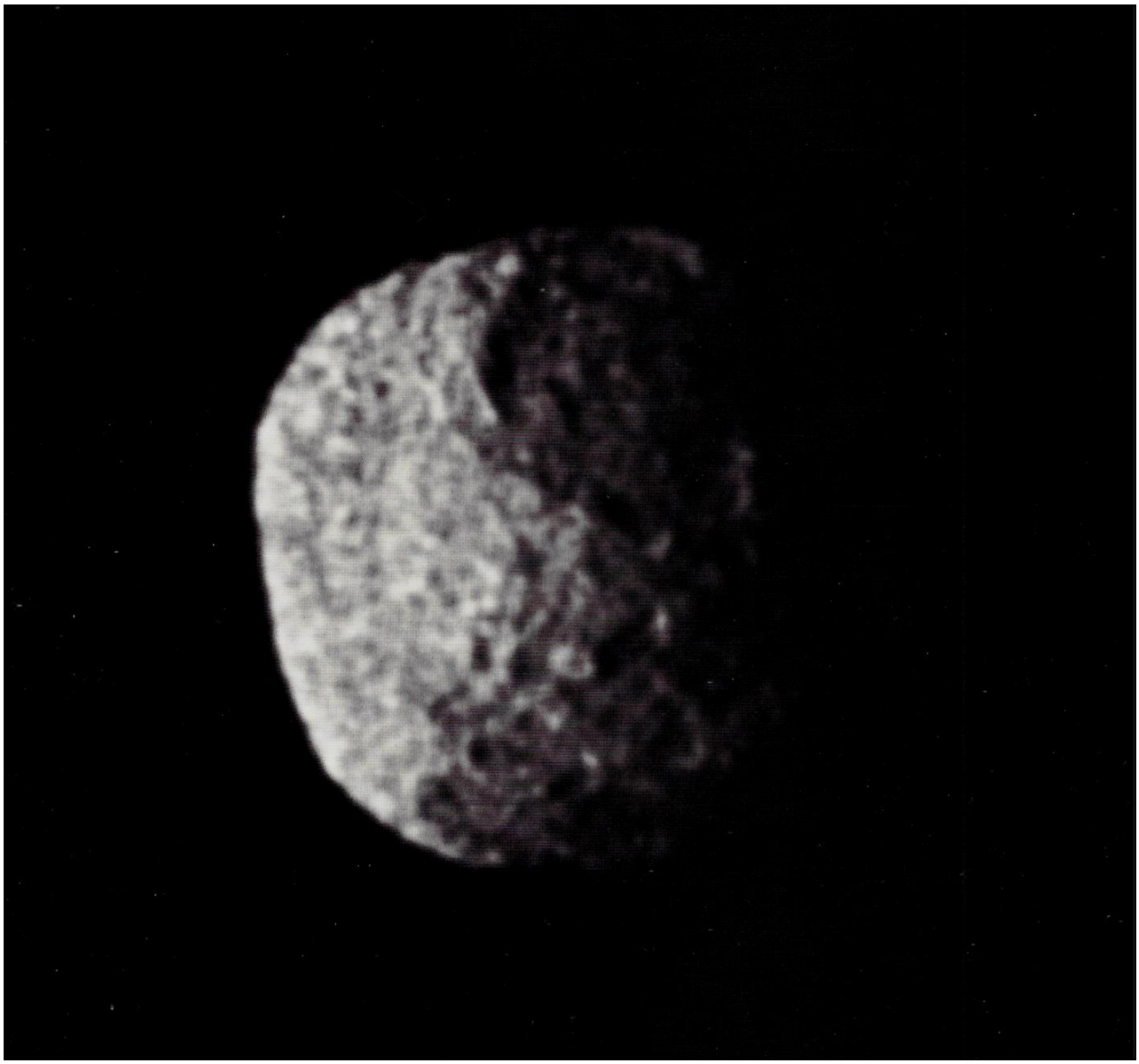
Debido a la constante eliminación y modificación por la actividad geológica en curso, los cráteres de impacto en la superficie de Tritón son relativamente raros, Voyager 2 encontró 179 que eran indiscutiblemente de origen de impacto, el cráter más grande, Mazomba (se cree que fue creado por un impacto) posee 27 Km de diámetro, aunque se han observado cráteres más grandes, generalmente se piensa que son de naturaleza volcánica, los pocos cráteres de impacto están casi todos concentrados en el hemisferio principal, que está orientado en la dirección del movimiento orbital, y la mayoría se concentra alrededor del ecuador entre 30° y 70° de longitud, resultado del material barrido desde la órbita alrededor de Neptuno, la asimetría de cráteres observada implica una edad superficial más joven para las regiones libres de cráteres (6 millones de años) que para las regiones craterizadas (50 millones de años).



Proteus

Fue descubierto a partir de las imágenes tomadas por la nave espacial Voyager 2 dos meses antes de su sobrevuelo de Neptuno, tras el descubrimiento recibió la designación provisional temporal S/1989 N1, el 16-09-1991, S/1989 N1 recibió el nombre de Proteus (dios del mar que cambia de forma en la mitología griega) orbita a Neptuno a una distancia de aproximadamente 117647 Km, su órbita es casi circular, tiene una pequeña excentricidad orbital y está inclinada unos 0,5° hacia el ecuador de Neptuno, Proteus gira sincrónicamente con su movimiento orbital, lo que significa que un lado siempre mira al planeta.

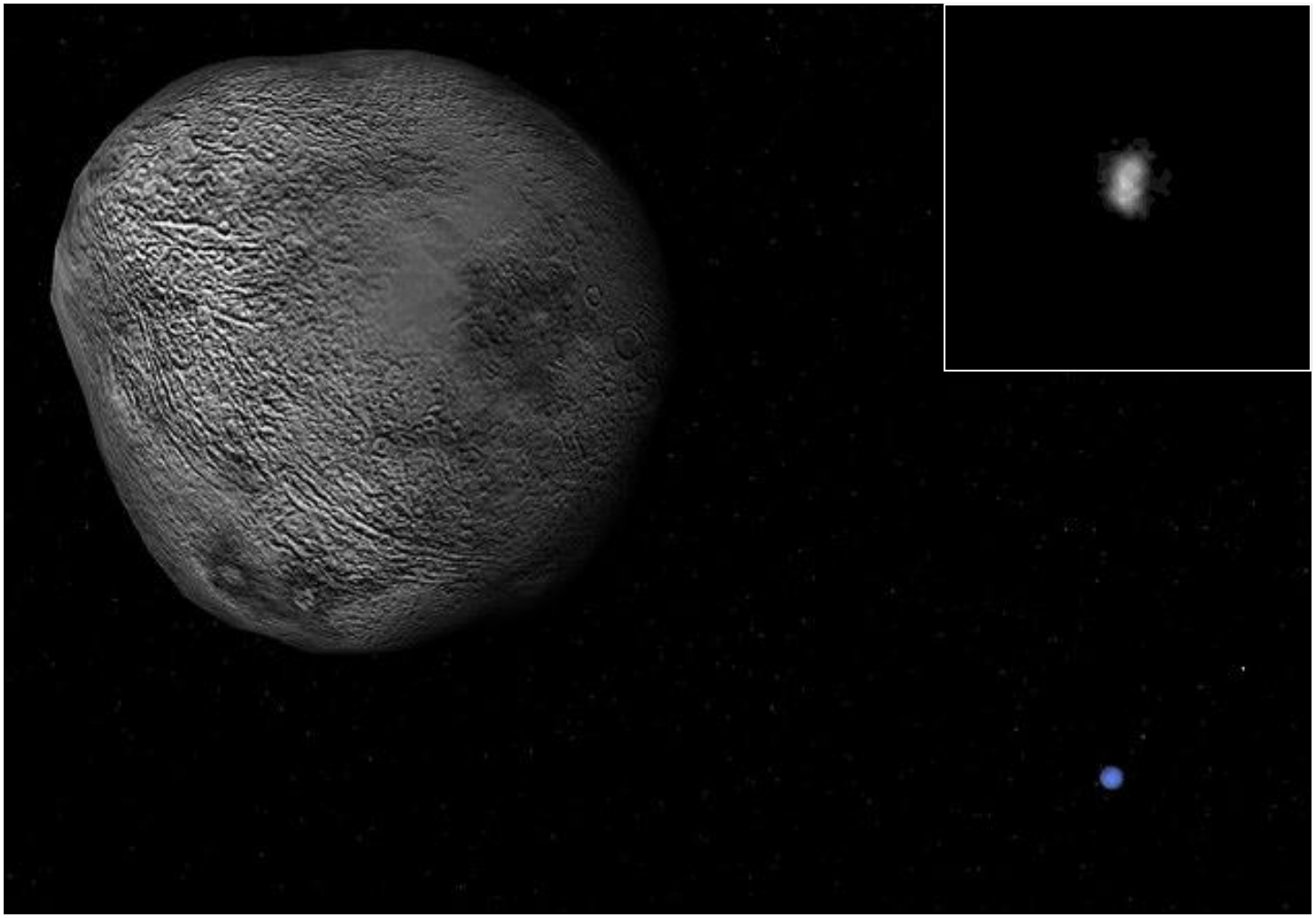
La superficie de Proteus es oscura ya que su superficie refleja el 10% de la luz solar) el color de su superficie es neutral, su reflectividad no cambia apreciablemente con la longitud de onda de violeta a verde, en el rango del IR cercano de alrededor de la longitud de onda de 2 μm, la superficie de Proteus se vuelve menos reflectante, lo que apunta a una posible presencia de compuestos orgánicos complejos como hidrocarburos o cianuros, estos compuestos pueden ser responsables del bajo albedo de las lunas neptunianas internas, aunque generalmente se piensa que Proteus contiene cantidades significativas de hielo de agua, no se ha detectado espectroscópicamente en la superficie.



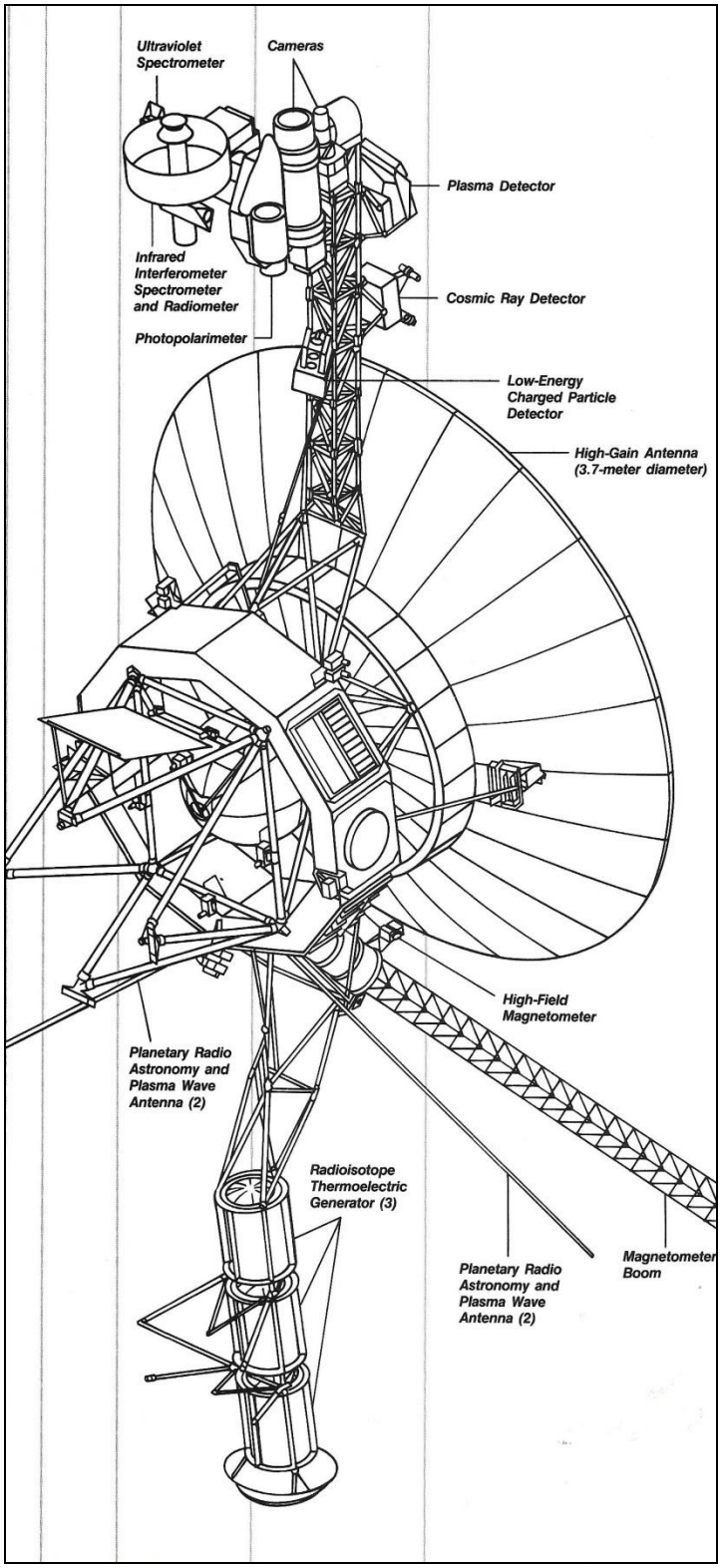
Nereida

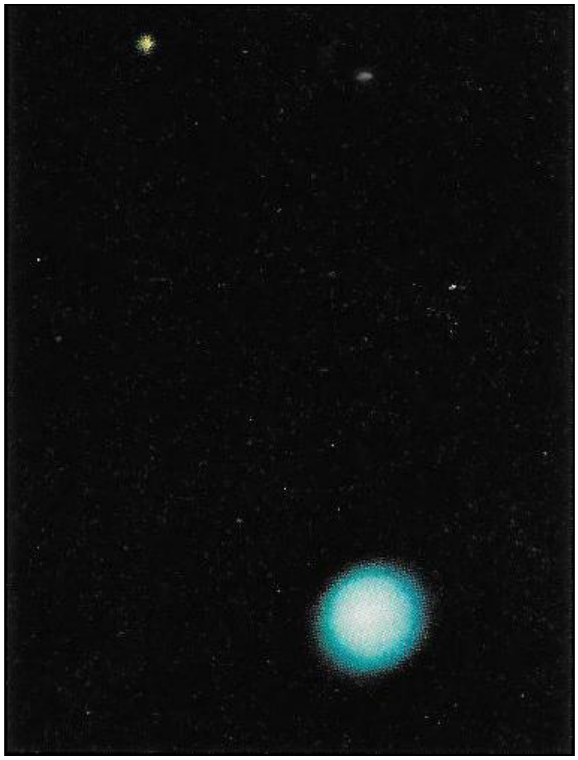
Nereida es el tercer satélite más grande de Neptuno, órbita a una distancia promedio de 5513400 Km, pero su alta excentricidad lo lleva a 1372 millones Km, esta órbita inusual sugiere que puede ser un asteroide capturado o un objeto del cinturón de Kuiper, o que fue una luna interior en el pasado y se perturbó durante la captura de Tritón, se desconoce su forma, pero se sabe que posee un radio promedio de aproximadamente 170 Km, desde 1987, algunas observaciones fotométricas de Nereida han detectado grandes variaciones de su brillo, lo que puede ocurrir durante años y meses, pero a veces incluso durante unos pocos días (persisten incluso después de una corrección por efectos de distancia y fase) no todos los astrónomos que han observado este satélite han notado tales variaciones, esto significa que pueden ser bastante caóticos, en 2016, las observaciones extendidas con el Telescopio Espacial Kepler mostraron solo variaciones de baja amplitud, el modelado térmico basado en observaciones IR de los Telescopios Espaciales Spitzer y Herschell sugiere que solo es moderadamente alargado, el modelo térmico también indica que la rugosidad de su superficie es muy alta, espectralmente , parece neutral en color y se ha detectado hielo de H_2O en su superficie, su espectro sugiere que la superficie está compuesta por una mezcla de hielo de H_2O y algo de material espectralmente neutro, el espectro es marcadamente diferente de los planetas menores del sistema solar exterior, lo que sugiere que se formó alrededor de Neptuno en lugar de ser un cuerpo capturado.

La sonda Voyager 2 pasó a una distancia de 4700000 Km en 1989, obtuvo 83 imágenes con una precisión de observación de 70 Km a 800 Km, aunque las imágenes obtenidas por no tienen una resolución lo suficientemente alta como para permitir distinguir las características de la superficie, la nave pudo medir el tamaño y descubrió que era de color gris y tenía un albedo más alto que los otros satélites pequeños de Neptuno.

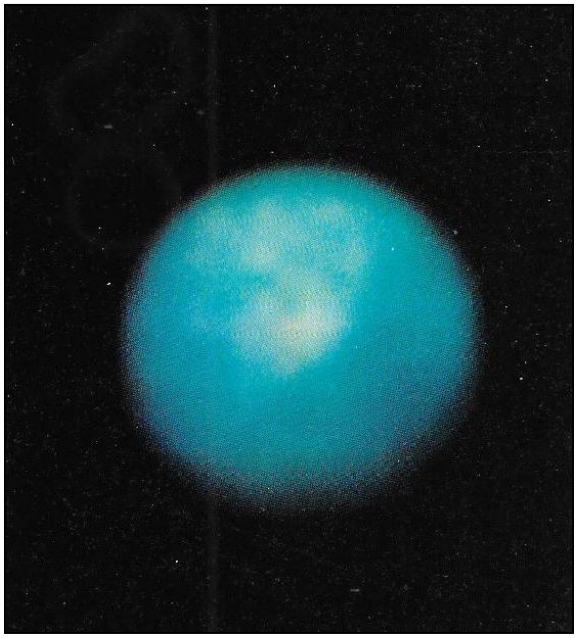


La única nave espacial que visitó Neptuno y sus lunas fue la sonda Voyager 2 en el año 1989, actualmente no hay proyectos de nuevos vehículos espaciales que visiten este planeta.





685 millones de Km



309 millones de Km

Compartiendo la pasión por la astronáutica, el espacio y la aviación estamos en

Argentina en el espacio http://argentinaenelespacio.blogspot.com/

***Estación Vientos del Sur* http://vientosdelsurestacion.blogspot.com/**

***Sociedad Lunar Argentina* https://sites.google.com/site/slasociedadlunarargentina/**

Blog Cometaria http://cometasentrerios.blogspot.com/

Blog Libros, Revistas, Intereses http://thedoctorwho1967.blogspot.com/

Biblioteca Instituto Nacional de Derecho Aeronáutico y Espacial (INDAE), F. A. A.

POR LA WEB

A LA VELOCIDAD DE LA LUZ

VIAJAMOS HACIA USTED

CAPSULA-ESPACIAL.BLOGSPOT.COM

Noticias

En la Biblioteca Popular del Paraná y con motivo del 50° aniversario de la llegada del hombre a la Luna, se llevaron a cabo dos conferencias relacionadas con la llegada con este importante hecho, la primer charla, a cargo del Sr Juan Biagi (Sociedad Lunar Argentina-SLA) denominada La carrera a la Luna, repasando con imágenes y videos los principales hitos de la historia de la exploración astronáutica lunar desde el sobrevuelo de nuestro satélite por la sonda soviética Luna I (primer artefacto humano en alcanzar otro mundo) hasta el día del primer alunizaje.

La siguiente charla, denominada La Luna y el día del amigo, a cargo del Sr Jorge Coghlan (Centro de Observadores del Espacio-CODE) de la vecina ciudad de Santa Fe, explicó todas las etapas de la épica misión Apollo-11 que llevó a dos astronautas a caminar sobre la superficie de la Luna el 20-07-1969, ilustrando con imágenes tomadas desde el Centro Espacial Kennedy por miembros del CODE que presenciaron el lanzamiento del Apollo-11.

Fuentes de información y fotos vertidas en la publicación

National Aeronautics and Space Administration (NASA)

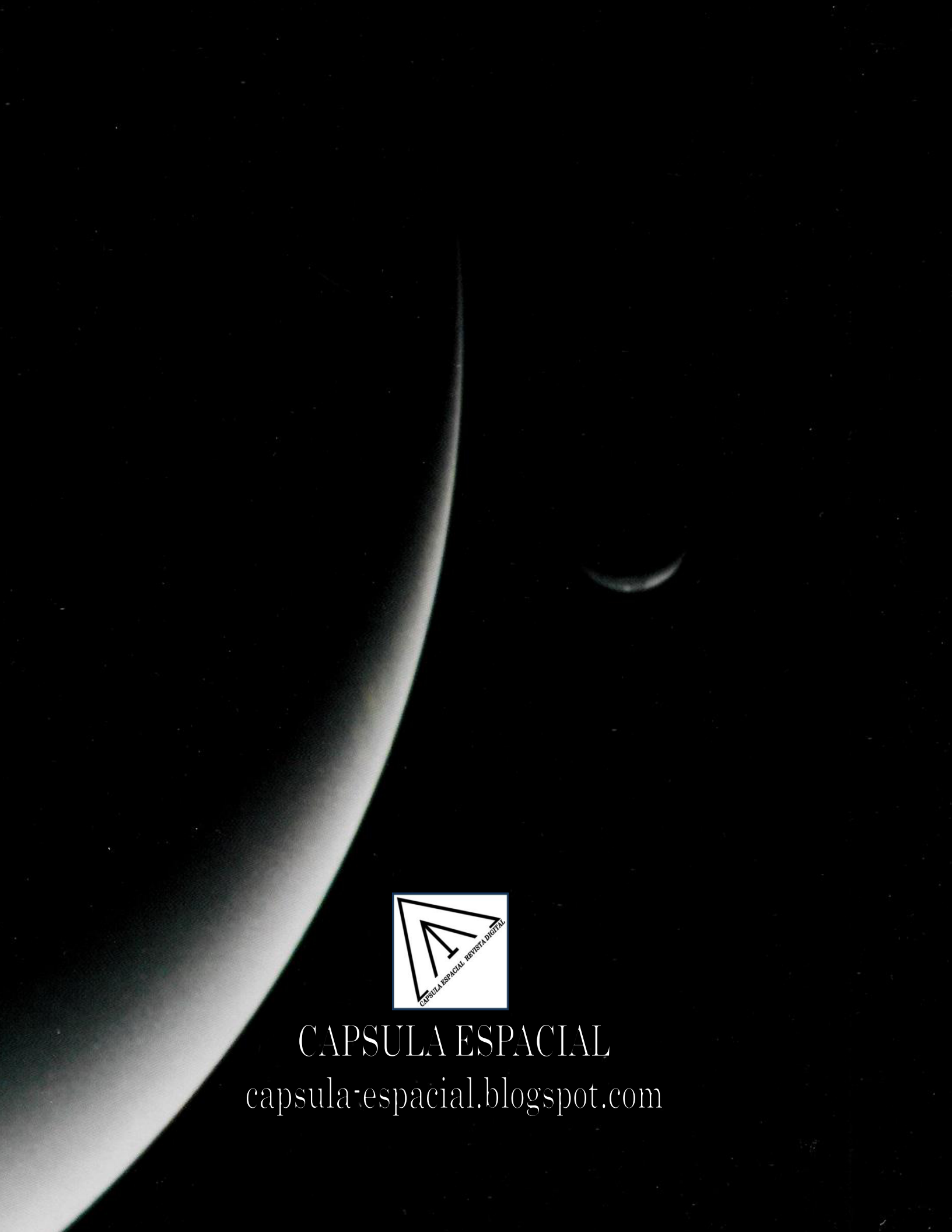
Jet Propulsion Lab (JPL)

To Uranus and Beyond, NASA/JPL, 1987

Voyager at Neptune, NASA/JPL, 1989

Voyager Bulletin, NASA/JPL, 1989

Wikipedia, encyclopedia virtual



CAPSULA ESPACIAL

capsula-espacial.blogspot.com